



Titulació:

ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA.

Alumne (nom i cognoms):

HERNÁN PÉREZ ACOSTA

Enunciat TFG / TFM:

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN REMOLQUE LIGUERO PARA AUTOMOCIÓN.

Director/a del TFG / TFM:

DANIEL ALCALÁ VERGARA

Convocatòria de lliurament del TFG / TFM:

JUNY 2019

Contingut del document:

DOCUMENT I. MEMORIA.

ÍNDICE

1	Objeto	- 10 -
2	Justificación	- 10 -
3	Alcance y Requerimientos	- 10 -
4	Estado del arte	- 11 -
4.1	Definición	- 11 -
4.2	Comparativa mercado	- 11 -
4.2.1	Criterios	- 11 -
4.2.2	Alternativas	- 12 -
4.2.3	Valor Técnico Ponderado (VTP)	- 14 -
4.3	Normativa	- 16 -
4.3.1	Masas y dimensiones	- 16 -
4.3.2	Frenado	- 18 -
4.3.3	Dispositivos de alumbrado y señalización óptica	- 19 -
5	Diseño del remolque	- 20 -
5.1	SolidWorks	- 20 -
5.2	Evoluciones hasta alcanzar el diseño final	- 21 -
5.3	Especificaciones del diseño final	- 24 -
5.3.1	Chasis	- 24 -
5.3.2	Enganche y rueda Jockey	- 27 -
5.3.3	Neumáticos y guardabarros	- 29 -
5.3.4	Patas extensibles	- 30 -
5.3.5	Dispositivo de alumbrado y señalización óptica	- 31 -
5.3.6	Estructura superior	- 33 -
5.3.7	Interior	- 36 -
5.3.8	Toldo retráctil	- 38 -
5.3.9	Cálculo del peso del remolque final	- 40 -
6	Simulaciones	- 41 -
6.1	SolidWorks: Simulation	- 41 -
6.2	SolidWorks: Flow Simulation	- 42 -
6.3	Fuerzas simuladas	- 43 -
6.3.1	Resultados	- 43 -
6.4	Frenada máxima	- 52 -
6.5	Resalto	- 56 -
6.6	Aerodinámica	- 59 -
6.6.1	Resultados	- 60 -
7	Valoración Económica	- 64 -
8	Conclusiones finales	- 65 -
9	Futuras líneas	- 66 -
10	Bibliografía	- 67 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Criterios y sus respectivos pesos.	12 -
Figura 2. Imagen de la descripción Alternativa A.	12 -
Figura 3. Imagen de la descripción Alternativa B.	13 -
Figura 4. Imagen de la descripción Alternativa C.	13 -
Figura 5. Imagen de la descripción Alternativa D.	14 -
Figura 6. Tabla con los valores de los criterios para cada alternativa de protocolo.	14 -
Figura 7. Tabla de calificaciones y VTP de cada alternativa.	15 -
Figura 8. Puntuaciones (del 1 al 5) de cada alternativa.	15 -
Figura 9. Tabla con las longitudes correspondientes a cada vehículo.	17 -
Figura 10. Tabla con las anchuras correspondientes a cada vehículo.	18 -
Figura 11. Tabla con las alturas correspondientes a cada vehículo.	18 -
Figura 12. Tabla descriptiva de los dispositivos de alumbrado y señalización óptica para remolques y semirremolques, con excepción de los agrícolas.	19 -
Figura 13. Herramientas disponibles dentro del apartado Croquis.	20 -
Figura 14. Herramientas disponibles dentro del apartado Operaciones.	20 -
Figura 15. Herramientas disponibles dentro del apartado Ensamblaje.	20 -
Figura 16. Imagen de la primera evolución.	21 -
Figura 17. Imagen de un remolque para llevar caballos.	22 -
Figura 18. Imagen de una caravana Hobby Ontour.	22 -
Figura 19. Imagen de la segunda evolución.	22 -
Figura 20. Imagen de la tercera y última evolución.	23 -
Figura 21. Imagen de una barra tubular de sección rectangular.	24 -
Figura 22. Imagen de ejemplo de un chasis de un remolque básico.	24 -
Figura 23. Imagen con las dimensiones del chasis del remolque.	25 -
Figura 24. Imagen del eje del remolque seleccionado.	25 -
Figura 25. Imagen de las características del eje seleccionado.	25 -
Figura 26. Imagen de la motocicleta YAMAHA MT 09.	26 -
Figura 27. Imagen de la ubicación de la guía para la motocicleta.	26 -
Figura 28. Imagen de la ubicación de las sujeciones para la motocicleta.	26 -
Figura 29. Imagen de la cabeza de enganche seleccionada.	27 -
Figura 30. Imagen de la bola de enganche seleccionada.	28 -
Figura 31. Imagen de la rueda jockey seleccionada.	28 -
Figura 32. Imagen comparativa entre neumático con cámara (izquierda) y neumático tubeless (derecha).	29 -
Figura 33. Imagen del neumático seleccionado.	29 -
Figura 34. Imagen del guardabarros seleccionado.	29 -
Figura 35. Imagen de la pata extensible seleccionada.	30 -
Figura 36. Imagen explicativa del funcionamiento de la capacidad de carga.	30 -
Figura 37. Imagen del chasis y la posición de las patas extensibles.	30 -
Figura 38. Imagen del dispositivo de alumbrado y señalización óptica.	31 -
Figura 39. Imagen del conector de 7 polos seleccionado.	31 -
Figura 40. Imagen explicativa la funcionalidad de cada polo en un conector de 7 polos.	32 -
Figura 41. Imagen descriptiva del chasis y la distribución eléctrica del dispositivo de señalización óptica.	32 -
Figura 42. Imagen del suelo de la estructura superior.	33 -
Figura 43. Imagen de chapa antideslizante de aluminio de damero.	33 -
Figura 44. Imagen de la pared con curva de la estructura superior.	33 -
Figura 45. Imagen del morro de la estructura superior.	33 -
Figura 46. Imagen de la sección de las puertas correderas.	34 -
Figura 47. Imagen de una guía para las puertas correderas.	34 -
Figura 48. Imagen del techo de la estructura superior.	34 -
Figura 49. Imagen de la estructura superior desde la vista 1.	34 -
Figura 50. Imagen de la estructura superior desde la vista 2.	34 -
Figura 51. Imagen de luz de posición delantera de color blanco.	35 -
Figura 52. Imagen de catadióptricos delanteros no triangulares de color blanco.	35 -

Figura 53. Imagen de catadióptricos laterales no triangulares de color amarillo.	35 -
Figura 54. Imagen de la ubicación de los dispositivos en la ubicación delantera.	35 -
Figura 55. Imagen de la ubicación de los dispositivos en la ubicación lateral.	35 -
Figura 56. Imagen de la distribución del interior del remolque.	36 -
Figura 57. Imagen de la vista isométrica del interior del remolque.	36 -
Figura 58. Imagen de la toma de corriente de 220 V.	37 -
Figura 59. Imagen del fluorescente instalado en el interior del remolque.	37 -
Figura 60. Imagen de la regleta de 6 enchufes con interruptor.	37 -
Figura 61. Imagen de la posición Totalmente extendido.	38 -
Figura 62. Imagen explicativa del funcionamiento de montura del toldo retráctil.	39 -
Figura 63. Imagen de ejemplo de una barra extensible con muelle a presión.	39 -
Figura 64. Imagen de la posición Totalmente recogido.	39 -
Figura 65. Imagen de la estructura del toldo retráctil y la posición de trabajo de la motocicleta. -	39
Figura 66. Tabla del cálculo del peso del remolque final.	40 -
Figura 67. Imagen del conjunto de herramientas ofrecidas por el complemento Simulation.	41 -
Figura 68. Imagen del conjunto de herramientas ofrecidas por el complemento Flow Simulation. ...	42 -
Figura 69. Imagen de los diferentes tipos de análisis.	42 -
Figura 70. Imagen de selección de apariencia de la trayectoria del flujo.	42 -
Figura 71. Imagen del diseño final.	43 -
Figura 72. Imagen del diseño simplificado utilizado para esta simulación.	43 -
Figura 73. Tabla con las propiedades de cada material.	44 -
Figura 74. Imagen de la malla creada para el modelo simplificado.	44 -
Figura 75. Imagen de la situación 1, con los respectivos puntos de apoyo.	45 -
Figura 76. Imagen de la situación 2, con los respectivos puntos de apoyo.	45 -
Figura 77. Imagen de las cargas aplicadas al modelo simplificado.	46 -
Figura 78. Imagen del resultado de la tensión de von Mises de la situación 1 con la escala real. -	46
Figura 79. Imagen del resultado de la tensión de von Mises de la situación 1 con una escala de 211.487.	47 -
Figura 80. Imagen del resultado del desplazamiento de la situación 1 con la escala real.	48 -
Figura 81. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 1 con la escala real.	48 -
Figura 82. Imagen del resultado del desplazamiento de la situación 1 con la escala de 211.487.. -	48
Figura 83. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 1 con la escala de 211.487.	48 -
Figura 84. Imagen del resultado de la tensión de von Mises de la situación 2 con la escala real. -	49
Figura 85. Imagen del resultado de la tensión de von Mises de la situación 2 con una escala de 46.8024.	49 -
Figura 86. Imagen del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala real.	50 -
Figura 87. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala real.	50 -
Figura 88. Imagen del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala de 46.8024.. -	51
Figura 89. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala de 46.8024.	51 -
Figura 90. Imagen de la situación descrita con los respectivos puntos de apoyo.	52 -
Figura 91. Imagen del conjunto total de fuerzas a simular.	53 -
Figura 92. Imagen de la tensión de von Mises con la escala real.	53 -
Figura 93. Imagen de la tensión de von Mises con un escala de 10.3839.	54 -
Figura 94. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento con la escala real.	54 -
Figura 95. Imagen del resultado del desplazamiento con la escala real.	54 -
Figura 96. Imagen del resultado del desplazamiento con la escala de 10.3839.	55 -

Figura 97. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento con la escala de 10.3839. ...	- 55 -
Figura 98. Imagen de la situación descrita con los respectivos puntos de apoyo.	- 56 -
Figura 99. Imagen de la fuerza simulada añadida a la carga total del remolque.	- 56 -
Figura 100. Imagen de la tensión de von Mises con la escala real.	- 57 -
Figura 101. Imagen de la tensión de von Mises con un escala de 27.7967.	- 57 -
Figura 102. Imagen del resultado del desplazamiento con la escala real.	- 57 -
Figura 103. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento con la escala real.	- 58 -
Figura 104. Imagen del resultado del desplazamiento con la escala de 27.7967.	- 58 -
Figura 105. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento con la escala de 27.7967. .	- 58 -
Figura 106. Imagen de un túnel de viento.	- 59 -
Figura 107. Imagen del comportamiento del flujo del aire a una velocidad de 90 km/h.	- 60 -
Figura 108. Imagen de las turbulencias generadas a una velocidad de 90 km/h.	- 61 -
Figura 109. Imagen del comportamiento del flujo del aire a una velocidad de 120 km/h.	- 62 -
Figura 110. Imagen de la vista lateral de la evolución final en la situación 1.	- 62 -
Figura 111. Imagen de la vista lateral de la primera evolución en la situación 2.	- 63 -
Figura 112. Imagen de la vista lateral de la evolución final en la situación 2.	- 63 -
Figura 113. Imagen de la vista lateral de la primera evolución en la situación 1.	- 63 -
Figura 114. Tabla del importe total de ambos presupuestos mencionados.	- 64 -

Resumen

El objeto de este trabajo, tal y como indica el título, es realizar un estudio y diseño de un remolque ligero para automoción. En concreto para el mundo del motociclismo de competición. Este remolque sigue las normativas necesarias para poder ser producirlo y utilizado legalmente.

La estructura del trabajo se divide en diferentes capítulos, cuyo contenido es resumido a continuación siguiendo el orden de aparición:

El primer grupo consta de una introducción a los remolques ligeros y un estudio del mercado actual. El segundo está formado por la explicación de las evoluciones hasta alcanzar el diseño final y las especificaciones de cada componente del diseño final. En un tercer grupo se desarrolla diferentes simulaciones, las cuales son fuerzas simuladas, frenada máxima, circulación por un resalto y pruebas de aerodinámica. Y como último grupo, se realiza una estimación presupuestaria del importe total del desarrollo de la redacción del proyecto y de la producción de una unidad de remolque.

En el primer grupo se realiza un estudio del mercado actual, mediante un valor técnico ponderado. Mientras que para la realización del segundo y tercer grupo, se utiliza el programa SolidWorks y sus complementos Simulation y Flow Simulation.

Una vez finalizado el trabajo y analizando los resultados obtenidos, se concluye que la construcción de un remolque es factible. Aunque se requiere de la producción de un prototipo para realizar más pruebas y obtener mayor información.

Abstract

The object of this work, as the title indicates, is to carry out a study and design of a lightweight trailer for the automotive sector. Specifically for the world of motorcycling competition. This trailer follows the necessary regulations to be able to be produced and used legally.

The structure of the work is divided into different chapters, whose content is summarized below, following the order of appearance:

The first group consists of an introduction to the lightweight trailers and a study of the current market. The second is formed by the explanation of the evolutions until reaching the final design and the specifications of each component of the final design. In the third group develops different simulations, which are simulated forces, maximum braking, driving through a bump and aerodynamic tests. And as a last group, a budget estimate is made of the total amount of the development of the redaction of the project and the production of a trailer unit.

In the first group, a study of the current market is carried out, using a weighted technical value. While for the realization of the second and third group, the SolidWorks program and its Simulation and Flow Simulation complements are used.

Once the work is finished and analysing the results obtained, it is concluded that the construction of a trailer is feasible. Although it requires the production of a prototype to perform more tests and obtain more information.

1 Objeto

El objeto del Trabajo de Final de Grado consiste en la realización de un remolque ligero para la automoción. Para conseguir este objetivo se realizará un estudio del actual mercado y un diseño posterior del remolque.

El remolque en cuestión se desarrollará para poder ser utilizado con el permiso B, que sólo es válido en dos casos:

- Cuando el MMA (“*Masa Máxima Autorizada*”) del remolque es inferior a 750 kg.
- Cuando el MMA es mayor o igual a 750 kg, pero que sumando el peso en vacío del vehículo sea inferior a 3500 kg.

2 Justificación

El remolque se realizará con el propósito de satisfacer las necesidades que tengan un piloto de motocicletas o un equipo de bajo presupuesto durante sus sesiones, ya que en la actualidad no existe nada parecido. Para hacer la experiencia mucho más cómoda y eficaz. Algunos ejemplos de requisitos mecánicos podrían ser: cambio de ruedas, comprobación de líquidos y estado de pastillas de frenos, configuración suspensión y frenos, revisión general de la moto, etc.

O de ámbito eléctrico: información del estado actual de la pista (temperaturas, presiones, humedad,...), tiempos por sectores, configuraciones electrónicas, etc.

La principal ventaja de disponer de un remolque que cumpla todos estos requisitos radica en el ahorro de tiempo, ya que es mucho más rápido organizar y preparar un remolque, a tener que cargar todo dentro de un coche estándar o incluso tener que alquilar una furgoneta o camioneta para poder llevar todo el equipamiento necesario.

3 Alcance y Requerimientos

Como se ha dicho anteriormente, el alcance del Trabajo de Final de Grado será diseñar y hacer simulaciones de un remolque que no supere los 750kg de MMA, que estipula la normativa. Para ello se realizarán diferentes simulaciones, tales como: estáticas, de frenado, efectos de un resalto y de aerodinámica. La soldadura y tornillería no se tendrán en cuenta, así como simulaciones dinámicas.

Tampoco se tratará de optimizar, debido a que solo se realizará el diseño del remolque. El proceso de optimización se facilita con la construcción de un prototipo, hecho que no se efectuará. A parte, para el estudio de la estimación de un presupuesto para la producción de un solo remolque no se valorarán los costes de su producción en serie.

4 Estado del arte

4.1 Definición

Según la Real Academia Española, un remolque se define como “Vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo motor”. Esta definición abarca una gran cantidad de diferentes configuraciones.

En la actualidad, existen varios tipos de remolque: remolque de enganche, remolque con eje central, semirremolque, remolque agrícola, caravana, etc. Todos estos surgieron de una necesidad, de cumplir unas utilidades y unos requisitos.

4.2 Comparativa mercado

En este apartado se realizara un estudio del actual mercado de remolques (que estén relacionados con el objeto del Trabajo de Final de Grado), donde estos serán comparados según unos criterios. El método utilizado es el del valor técnico ponderado (VTP), pues los criterios a considerar presentes en la Subsección 4.2.1, tienen las siguientes características:

- Son múltiples;
- Son cuantificables, de ahí que se descarte el método de ventajas-inconvenientes, ya que cuando todos los criterios son cuantificables* el uso del valor técnico simple o del VTP ofrece resultados más precisos;
- No tienen la misma importancia, por ello se elige el método del VTP en lugar del método del valor técnico simple.

* *Notación: el criterio “Estilo del remolque” a priori no tiene un valor cuantificable, y aunque sea el criterio con más peso, se le asignara un valor cuantificable orientativo.*

4.2.1 Criterios

Los criterios a considerar en la comparativa del mercado, ordenados de mayor a menor importancia, son:

- *Estilo del remolque.* En la actualidad hay infinidad de estilos de remolque, cada uno tiene una utilidad diferente. Como esta explicado anteriormente, aunque este criterio no es cuantificable, se le asignará un valor orientativo. Siendo la puntuación más alta aquel que se acerque más al objeto del Trabajo de Final de Grado. Su peso como criterio es del 30%.
- *Dimensiones útiles.* Es describe como dimensión útil aquella superficie que puede ser utilizada para las utilidades definidas por el remolque. Este criterio estará cuantificado según los metros cuadrados útiles. Su peso como criterio es del 20%.
- *Coste económico.* Aunque este criterio está directamente relacionado con los demás criterios, también es importante su estudio como criterio separado. Este criterio estará cuantificado según su precio en euros. Su peso como criterio es del 20%.

- *Peso.* Este criterio aunque no parezca muy importante en relación al objeto del Trabajo de Final de Grado, influye en ámbitos que un cliente siempre debe tener en cuenta. Debido a que a mayor peso, mayor es el gasto de combustible, mayor es el desgaste de componentes mecánicos, mayor es el precio del seguro, etc. Este criterio estará cuantificado según su peso en kilogramos. Su peso como criterio es del 15%.
- *Dimensión total.* Aunque este criterio se relaciona con el criterio anteriormente mencionado “*Dimensiones útiles*”, este influye durante la circulación en vías y durante su guardado, entre otros apartados. Este criterio estará cuantificado según sus metros cuadrados totales. Su peso como criterio es del 10%.

En la siguiente figura se resumen los diferentes criterios con sus respectivos pesos.

	Estilo del remolque	Dimensiones útiles	Coste económico	Peso	Dimensión total
Peso	30%	25%	20%	15%	10%

Figura 1. Criterios y sus respectivos pesos.

4.2.2 Alternativas

4.2.2.1 Descripción alternativa A: Remolque para 1 moto 200x126

Este remolque es un remolque abierto donde la única función útil es llevar la motocicleta, no tiene ninguna superficie útil a parte de la zona de carga. Sus dimensiones útiles son 200 x 20 cm ya que es sólo la parte donde puedes cargar la motocicleta.

Está fabricado con chapa galvanizada, que para esta función es un gran material. Esto es debido a que es un material barato, ligero y que no se oxida con lo que lo hace un material duradero.



Figura 2. Imagen de la descripción Alternativa A.

Al ser de chapa galvanizada y tener poca superficie útil hace que el peso del remolque sea de 117 kg en vacío. Gracias a todas las características comentadas anteriormente su precio es de 699 €, convirtiéndolo en un remolque muy económico, pero con poca funcionalidad.

4.2.2.2 Descripción alternativa B: Remolque para 2 motos 254x191

Este remolque abierto tiene como función útil llevar dos motocicletas. Sus dimensiones útiles son 254 x 161 cm, la mayoría de sus dimensiones están utilizadas para el transporte de los vehículos.

El suelo está fabricado con madera finlandesa, y su tipo de caja es basculante. Las características de la madera finlandesa son muy adecuadas para los remolques ya que es un material resistente al desgaste, a la humedad, a los arañazos y con alta capacidad de carga.



Figura 3. Imagen de la descripción Alternativa B.

Este remolque al ser grande y poder transportar dos motocicletas hace que el peso del remolque sea de 206 kg en vacío. Gracias a todas las características comentadas anteriormente su precio es de 2.099 €, convirtiéndolo en un remolque muy útil, pero con poca funcionalidad.

4.2.2.3 Descripción alternativa C: Remolque cerrado techo practicable

Este remolque es un remolque cerrado con techo practicable, éste a diferencia de las dos anteriores alternativas no está diseñado para cargar con motocicletas. Sus dimensiones útiles son 240 x 140 x 151 cm.

La fabricación está compuesta por dos materiales. El suelo está fabricado con chapa galvanizada y la caja con contrachapado de madera.



Figura 4. Imagen de la descripción Alternativa C.

Aunque los materiales utilizados sean ligeros, el peso del remolque es de 360 kg en vacío. Gracias a todas las características comentadas anteriormente su precio es de 2.100 €, convirtiéndolo en un remolque muy rentable en cuanto a la relación funcionalidad/precio.

4.2.2.4 Descripción alternativa D: Remolque plegable para moto

Este remolque es remolque muy diferente a simple vista en comparación a las alternativas anteriores. Aunque comparte funcionalidad con las alternativas A y B, ya que su función principal es el transporte de motocicletas. Sus dimensiones útiles cuando está en forma extendida son 300 x 123 x 180 cm. Mientras que en forma plegada ahorra 70 cm de anchura, mejorando la movilidad y el espacio ocupado.

Este remolque está fabricado con acero granulado, que es un material muy utilizado en cualquier ámbito gracias a su buena ductilidad, su elasticidad y su dureza, a parte también tiene buena resistencia al desgaste.



Figura 5. Imagen de la descripción Alternativa D.

Debido al tamaño de la caja y al material utilizado, el peso del remolque es de 161 kg en vacío. A causa de todas las características únicas comentadas anteriormente su precio es de 2.199 €, convirtiéndolo en un remolque muy rentable en cuanto a la relación funcionalidad/precio.

4.2.3 Valor Técnico Ponderado (VTP)

La siguiente Tabla resume los valores de los criterios para cada alternativa.

	A	B	C	D
Estilo del remolque	2	3	4	2
Dimensiones útiles [m²]	0.4	4.09	3.36	3.69
Coste económico [€]	699	2099	2100	2199
Peso [kg]	117	206	360	161
Dimensiones totales [m²]	2.52	4.85	4.06	4.3

Figura 6. Tabla con los valores de los criterios para cada alternativa de protocolo.

La siguiente tabla se muestra las calificaciones – del 1 (peor puntuación) al 5 (mejor puntuación) – de cada alternativa para cada criterio, así como el VTP obtenido; mientras que en la figura anterior se ofrece un gráfico de las puntuaciones. Para obtener las calificaciones se ha utilizado la Ecuación (1) para los criterios a minimizar (coste económico, peso y dimensiones totales) y la Ecuación (2) para el criterio a maximizar (dimensiones útiles), donde V_{max} representa el valor máximo de cualquier alternativa para el criterio de estudio, V_{min} el valor mínimo, V_i el valor de la alternativa, P_{max} la mejor puntuación de cualquier alternativa para un criterio y P_{min} la peor puntuación.

Los criterios a minimizar son aquellos que un valor bajo implica mejores prestaciones, mientras que los criterios a maximizar son aquellos que un valor alto implica mejores prestaciones. El criterio “*Estilo del remolque*” al tener un valor orientativo no es obtenido con ninguna de estas dos ecuaciones. La Ecuación (3) se utiliza para calcular el VTP; donde VTP_i representa el valor técnico ponderado de cada alternativa, p_{ij} la puntuación de la alternativa i para el criterio j , g_j el peso del criterio j y $p_{máx}$ la puntuación más alta de la tabla.

$$p_i = 1 + \frac{V_{max} - V_i}{V_{max} - V_{min}} (P_{max} - P_{min}) \quad (1)$$

$$p_i = 1 + \frac{V_i - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} (P_{max} - P_{min}) \quad (2)$$

$$VTP_i = \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot g_j}{P_{máx} \cdot \sum_{j=1}^n g_j} \quad (3)$$

	Peso	A	B	C	D
Estilo del remolque	30%	2	3	4	2
Dimensiones útiles [m²]	25%	1	5	4.21	4.57
Coste económico [€]	20%	5	1.27	1.26	1
Peso [kg]	15%	5	3.53	1	4.28
Dimensiones totales [m²]	10%	5	1	2.36	1.94
Valor Técnico Ponderado (VTP)		0.62	0.61	0.58	0.56

Figura 7. Tabla de calificaciones y VTP de cada alternativa.

Como se observa en la tabla anterior, la mejor alternativa, si se tuviéramos que adquirir una, sería la alternativa A: Remolque para una moto 200x126.

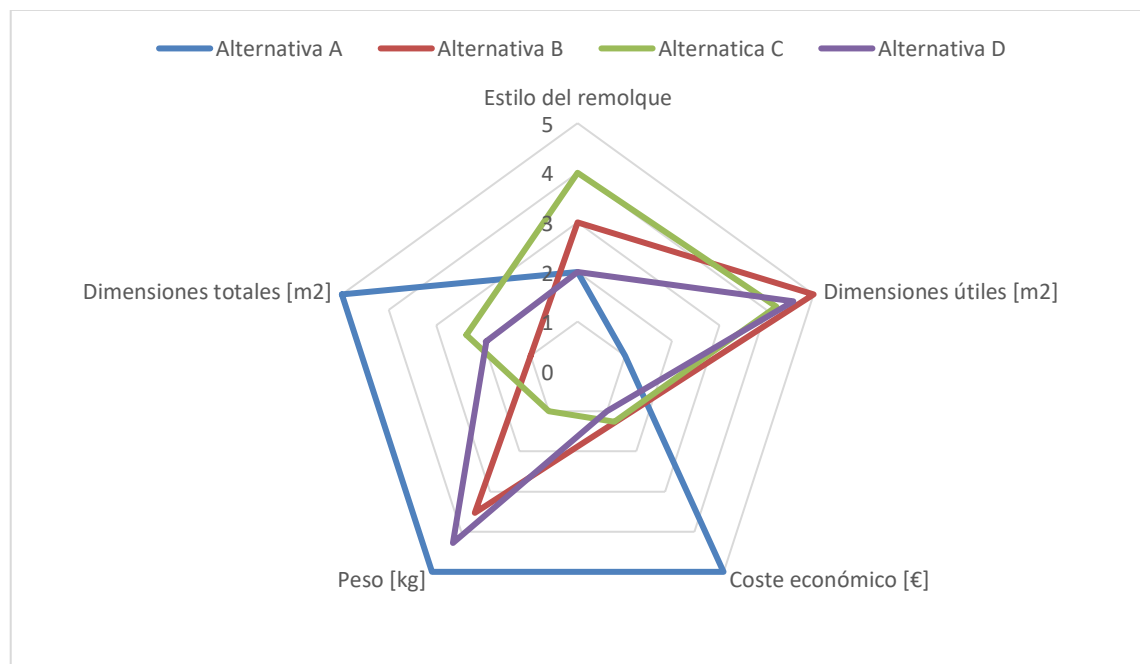


Figura 8. Puntuaciones (del 1 al 5) de cada alternativa.

4.3 Normativa

Esta sección se centra en los requisitos de generales del remolque, su homologación y normativa respectiva.

Para esto proyecto se han tenido en cuenta la siguiente reglamentación:

- Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, aprueba el Reglamento General de Vehículos.
- Real Decreto 750/2010, de 4 junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos a motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
- Directiva 2010/19/UE de la Comisión, de 9 de marzo de 2010, que modifica, para adaptarlas al progreso técnico en el ámbito de los sistemas antiproyección de determinadas categorías de vehículos de motor y sus remolques, la Directiva 91/226/CEE del Consejo y la Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Orden ITC/1900/2006, de 13 de junio de 2006, por la que se actualizan los anexos I y II del RD 2028/1986.
- Orden PRE/3298/2004, de 13 de octubre, por la que se modifica el anexo IX “Masa y Dimensiones”, del Reglamento General de Vehículos.
- Reglamento (UE) 2018/858, de 30 de mayo de 2018, sobre la homologación y la vigilancia del mercado de los vehículos de motor y sus remolques y de los sistemas, los componentes y las unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos.

4.3.1 Masas y dimensiones

Este apartado se realiza consultando el Reglamento General de Vehículos i la Orden PRE/3298/2004. A continuación, se explicará detalladamente los requisitos físicos para poder ser homologado.

4.3.1.1 Definiciones

Según el reglamento se entendie como (estas son las definiciones más relevantes que recoge el reglamento):

- Tara: masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de Servicio, pasajeros ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios necesarios.

- Masa máxima autorizada (MMA): la masa máxima para la utilización de un vehículo con carga en circulación por las vías públicas.

4.3.1.2 Masas remolcables para vehículos no agrícolas

La masa máxima remolcable, para remolque, de un vehículo de categorías M y N no podrá superar:

- La masa máxima remolcable técnicamente admisible basada en la construcción del vehículo y/o de la resistencia del dispositivo de enganche en su caso.
- Para arrastrar remolques sin freno: la mitad de la tara del vehículo tractor, incrementada en 75 kg., no excediendo en ningún caso de 750 kg.
- La carga vertical máxima autorizada sobre el acoplamiento del vehículo tractor, transmitida a través del dispositivo de tracción del remolque (cuando su carga esté uniformemente distribuida), no superará el menor de los valores siguientes: 10% de la masa máxima del remolque o 1.000 kg. Esta carga vertical se tendrá en cuenta para determinar la masa máxima autorizada del vehículo tractor y de su(s) eje(s) trasero(s).
- La masa máxima de un vehículo tractor, para formar un conjunto con remolque, será como máximo:

$$- \quad MMC = MMA + MMR \text{ del vehículo tractor}$$

Este valor podrá estar limitado por los siguientes valores:

- Masa máxima del conjunto técnicamente admisible declarado por el fabricante, basada en su construcción.
- Masa máxima del conjunto legalmente admisible, cuando proceda.

4.3.1.3 Dimensiones

4.3.1.3.1 Longitud

En la tabla a continuación se presenta las diferentes longitudes máximas autorizadas para poder circular:

Longitud	Metros
Remolques	12 m
Vehículos rígidos de motor, cualquiera que sea el número de ejes	12 m
Vehículos articulados excepto autobuses	16,50 m
Autobuses rígidos	15 m
Autobuses articulados	18 m

Figura 9. Tabla con las longitudes correspondientes a cada vehículo.

4.3.1.3.2 Anchura

En la tabla a continuación se presenta las diferentes anchuras máximas autorizadas para poder circular:

Anchura	Metros
Anchura máxima autorizada, como regla general	2,55 m
Superestructuras de vehículos acondicionados	2,60 m
Autobuses especialmente acondicionados para el traslado de presos	2,60 m

Figura 10. Tabla con las anchuras correspondientes a cada vehículo.

4.3.1.3.3 Altura

En la tabla a continuación se presenta las diferentes alturas máximas autorizadas para poder circular:

Altura	Metros
Altura máxima autorizada, como regla general	4 m
Portavehículos	4,50 m
Vehículos grúa destinados a la retirada de vehículos accidentados o averiados	4,50 m
Vehículos que transportan contenedores cerrados homologados para el transporte combinado o intermodal	4,50 m

Figura 11. Tabla con las alturas correspondientes a cada vehículo.

4.3.2 Frenado

Este apartado se realiza consultando el Reglamento General de Vehículo, concretamente el anexo VIII – FRENADO.

El Reglamento General de Vehículos define dispositivo de frenado como el conjunto de órganos que tienen por función disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo en marcha, o mantenerlo inmóvil si ya se encuentra detenido. El dispositivo se compone del mando, la transmisión y el freno propiamente dicho.

Según la categoría del vehículo varia el dispositivo de frenado necesario para poder ser homologado. En este proyecto la categoría del remolque es O1, remolques cuya masa máxima no supera las 0,75 toneladas.

La categoría O1 requiere de un tipo de frenado automático en caso de desenganche, concretamente un enganche secundario tipo cadena, cable, etc., que impida que la barra toque el suelo.

4.3.3 Dispositivos de alumbrado y señalización óptica

Este apartado se realiza consultando el Reglamento General de Vehículo, concretamente el anexo X – DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN ÓPTICA.

Los dispositivos de alumbrado y señalización óptica, junto con una indicación genérica del número, color y situación, para la categoría remolques y semirremolques, con excepción de los agrícolas, viene contrastada en la siguiente tabla.

Descripción:	Remolques y semirremolques, con excepción de los agrícolas			
Tipo de luz	Número	Color	Situación (5)	Obligatorio o no
Luz de marcha atrás	1 ó 2	BLANCO	Detrás	Opcional
Luces indicadoras de dirección	Un número par	AMARILLO AUTO	Detrás	Obligatorio
Señal de emergencia	Igual número que indicadores de dirección	AMARILLO AUTO	Igual que indicadores de dirección	Obligatorio
Luz de frenado	2	ROJO	Detrás	Obligatorio
Luz de la placa de matrícula trasera	1	BLANCO	La necesaria para iluminar la placa	Obligatorio
Luz de posición delantera	2	BLANCO	Delante, en el exterior	Obligatorio (1)
Luz de posición trasera	2	ROJO	Detrás en el exterior	Obligatorio
Luz de posición lateral	En función de su longitud	AMARILLO AUTO	Laterales	Obligatorio (2)
Luz de galibo	2 delante 2 detrás	BLANCO delante ROJO detrás	Detrás, en el exterior y arriba	Obligatorio (3)
Luz antiniebla trasera	1 ó 2	ROJO	Detrás	Obligatorio
Catadióptricos traseros triangulares	2	ROJO	Detrás, en el exterior	Obligatorio
Catadióptricos traseros no triangulares	2	ROJO	Detrás, en el exterior	Opcional (3)
Catadióptricos delanteros no triangulares	2	BLANCO	Delante, en el exterior	Obligatorio
Catadióptricos laterales no triangulares	En función de su longitud	AMARILLO AUTO	Lateral	Obligatorio
Testigo A.B.S.	1	VERDE	(6)	(7)

(1) Obligatorio para anchura superior a 1,60 m. y opcional para anchura igual o inferior a 1,60 m.
(2) Obligatorio en vehículos cuya longitud supere los 6 m.
(3) Si su anchura es superior a 2,10 m.
(4) Si están agrupados a otros dispositivos traseros de señalización.
(5) La situación y altura de cada dispositivo se ajustará a lo dispuesto en la reglamentación vigente de vehículos automóviles.
(6) En el exterior del remolque, de forma que sea visible por el conductor del vehículo tractor, desde su espejo retrovisor
(7) Transitoriamente se autorizará su instalación con carácter excepcional, en función de la compatibilidad con la cabeza tractora.

Figura 12. Tabla descriptiva de los dispositivos de alumbrado y señalización óptica para remolques y semirremolques, con excepción de los agrícolas.

5 Diseño del remolque

5.1 SolidWorks

Para el modelado del remolque se ha utilizado el programa SolidWorks, este programa permite moldear piezas y ensamblajes en 3D y diseñar planos en 2D. SolidWorks posibilita diseñar una pieza o diseñar un ensamblaje (unión de diferentes piezas). A continuación, en las siguientes dos figuras, se pueden ver algunas de las diferentes herramientas que otorga SolidWorks mientras se diseña una pieza.

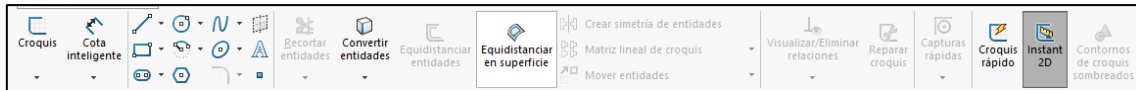


Figura 13. Herramientas disponibles dentro del apartado Croquis.



Figura 14. Herramientas disponibles dentro del apartado Operaciones.

En el apartado Croquis permite dibujar cualquier figura, dentro de un plano (alzado, planta, perfil o un plano propuesto por el usuario) que se haya escogido anteriormente. Mientras que en el apartado Operaciones, permite darle forma 3D a las figuras dibujadas en el apartado Croquis.

En el apartado Croquis la mayoría de las herramientas son utilizadas con la misma frecuencia. Mientras que en el apartado Operaciones, las herramientas más utilizadas son:

- Extruir saliente/base: permite darle la profundidad deseada, en la dirección del plano escogido, a la figura dibujada en el croquis.
- Extruir corte: esta función es la inversa de la anterior función.
- Revolución de saliente/base: esta herramienta es parecida a Extruir saliente/base, solo que esta permite darle la profundidad deseada mediante un eje de rotación.
- Corte de revolución: esta función es la inversa de la anterior función.
- Redondeo: redondea una esquina producida por un Extruir saliente/base.

A parte de estos dos apartados, también se utiliza la herramienta Medir del apartado Calcular, para facilitar la obtención de datos en cuanto a dimensiones de las piezas diseñadas.

A más a más, cuando se selecciona diseñar un ensamblaje se otorgan más herramientas. Durante el proceso de ensamblaje, las herramientas más utilizadas son Insertar componente y Relación de posición.

Esta última herramienta, es de gran ayuda durante el proceso de construcción del ensamblaje, ya que permite relacionar los componentes entre sí. Algunos ejemplos para los que se ha utilizado esta herramienta son:

- Unión de dos caras planas de diferentes componentes.
- Separar caras/vértices/puntos a una determinada distancia de diferentes componentes.
- Unión de una cara plana con una cara circular mediante la tangente de ambas.

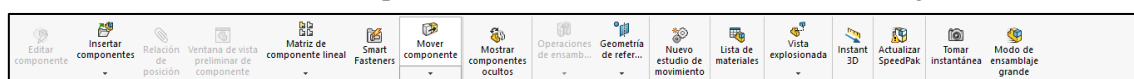


Figura 15. Herramientas disponibles dentro del apartado Ensamblaje.

5.2 Evoluciones hasta alcanzar el diseño final

En este apartado se explicaran las diferentes evoluciones que han ido apareciendo durante el proceso de diseño del remolque. En un principio, fueron comparadas diferentes caravanas de la actualidad que pesaran alrededor de 750 kg, para poder tener idea de cuánto espacio necesitaría el remolque para que no fuera incómodo.

Primeramente fue decidido una longitud de 5970 mm, divididas en: para el enganche 1000 mm, para la ubicación de la motocicleta 970 mm y para la caja 4000 mm. Mientras que para la anchura se seleccionó 1960 mm y para la altura 2166 mm.

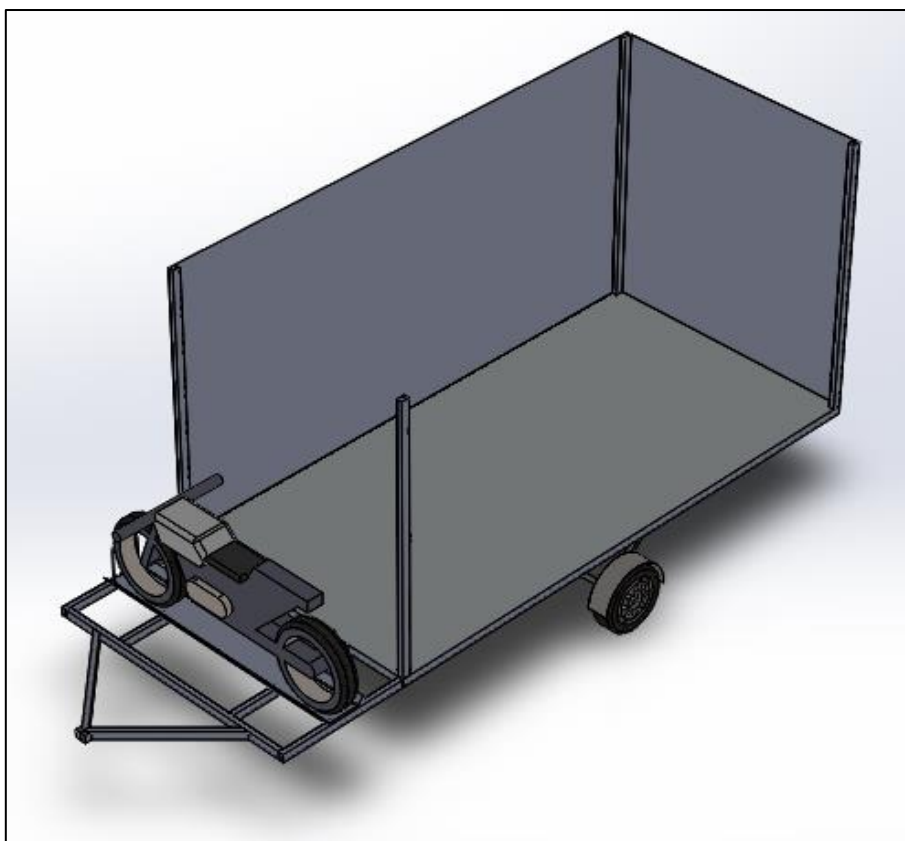


Figura 16. Imagen de la primera evolución.

Tal y como se puede observar en la [Figura 16. Imagen de la primera evolución.](#), en un principio el diseño de la parte frontal de la caja del remolque iba a ser cuadrada. Debido a la creencia de que así habría más espacio útil, sin embargo esto produjo la primera evolución.

Este remolque debía ser mejorado en el ámbito aerodinámico, un aspecto muy importante en cualquier tipo de vehículo. La mejora de aerodinámica produce unos beneficios tales como: mejora de la estabilidad, mejora del gasto de combustible, se necesita menor potencia para cargar el remolque, etc., para ello se hizo un estudio del mercado actual para observar que tipo de forma era la más adecuada para este remolque.



Figura 17. Imagen de un remolque para llevar caballos.



Figura 18. Imagen de una caravana Hobby Ontour.

Una vez fueron estudiadas las diferentes posibilidades de aerodinámica que dispone el mercado actual de remolques, se seleccionó el estilo de una caravana. Este estilo ofrece una mejora de la aerodinámica sin tener que sacrificar apenas zona útil.

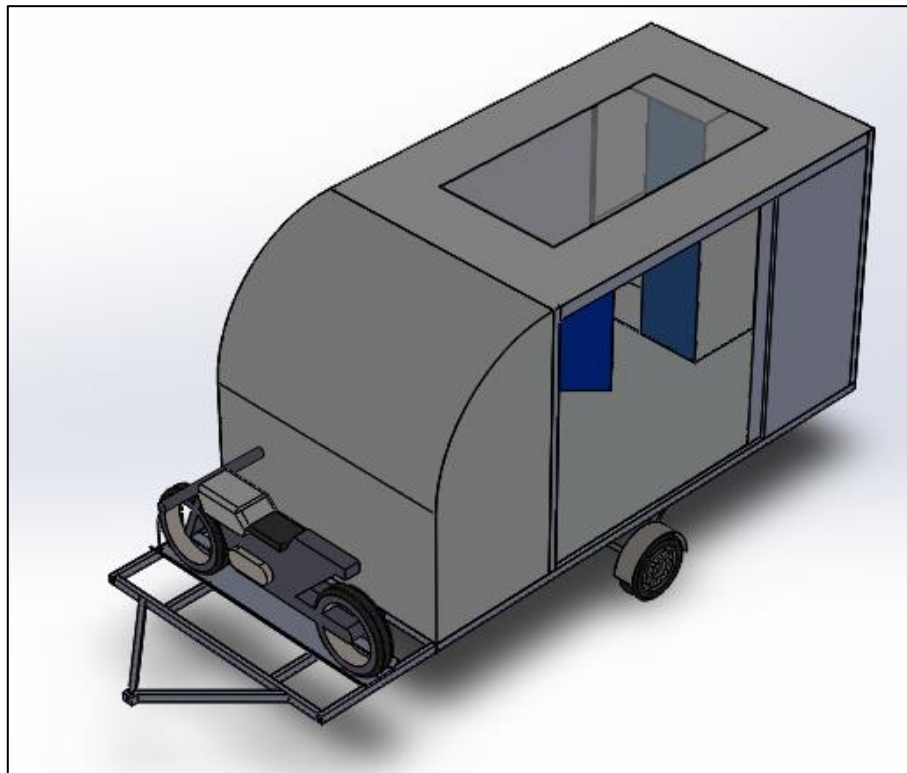


Figura 19. Imagen de la segunda evolución.

Una vez mejorada la aerodinámica del remolque diseñado, se continuó con el diseño del mismo. A partir del momento en el que el diseño estuvo finalizado, se realizó la distribución del mobiliario. Este fue modificado a la idea original debido a la mejora de la aerodinámica aunque los daños fueron minimizados.

Notación: una de las simulaciones consistirá en el estudio de la mejora de la aerodinámica comparando las diferentes evoluciones.

En consecuencia de que la distribución del mobiliario estuvo escogido, se hizo un cálculo aproximado del peso del remolque. Este cálculo provocó la última evolución del remolque, debido a que según el cálculo aproximado el remolque no cumplía con la normativa y con el objeto del Trabajo de Final de Grado. Este problema provocó los siguientes cambios en el diseño y selección de mobiliario, con tal de que el remolque fuera más liviano:

- La reducción de la longitud de la caja del remolque: tal y como se menciona anteriormente, al longitud original de la caja del remolque iba a ser de 4000 mm. Se estima que reduciéndolo 1000 mm, el problema es mayormente solventado.
- Paredes con menor grosor: en un principio todas las superficies iban a tener un grosor de 3 mm, tanto como las paredes como el techo pasan a tener un grosor de 1 mm. Este cambio reduce el peso del remolque considerablemente sin perjudicar en la seguridad del mismo.
- Sustitución del mobiliario: en un principio el remolque iba a disponer de un armario grande de metal, este que pesaba 101 kg, es sustituido por estanterías de madera contrachapado. Estas estanterías son una solución muy adecuada, debido que la utilidad del armario no se ve reducida.

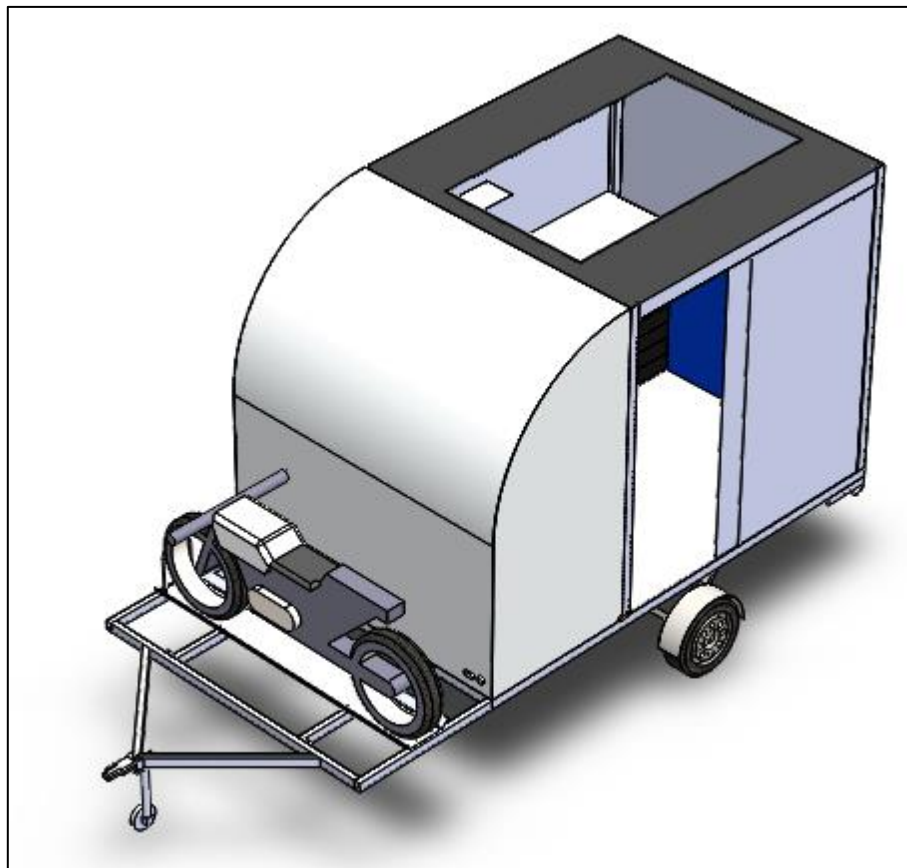


Figura 20. Imagen de la tercera y última evolución.

Una vez aplicados los cambios en el diseño del remolque y la selección del mobiliario, se vuelve a realizar un cálculo aproximado del peso del remolque. A raíz de que el nuevo cálculo aproximado cumple con la normativa y objeto del Trabajo de Final de Grado, se define esta última evolución como el diseño final del remolque.

5.3 Especificaciones del diseño final

5.3.1 Chasis

El chasis es el elemento principal de la estructura de cualquier tipo de vehículo. Este es el encargado de soportar todo el peso del vehículo aparte de darle rigidez y forma. El chasis no debe ser confundido con la carrocería; la carrocería es la estructura que se ve de un vehículo, la encargada de darle apariencia.

El primer paso a la hora de diseñar el remolque, es diseñar el chasis. Durante el proceso de diseño, se debe tener en cuenta unos aspectos importantes: el peso, la rigidez torsional, la resistencia, la resiliencia y la sencillez.

La estructura del chasis consistirá en la unión de barras tubulares de sección rectangular con sección 60 x 40 mm y de grosor de 2 mm. Es seleccionado este tipo de barra en concreto, debido a la facilidad de obtención, a su gran relación carga soportada/peso y a la facilidad durante el proceso de construcción.



Figura 21. Imagen de una barra tubular de sección rectangular.

Una vez el material principal es escogido, se elige la forma que tendrá el chasis del remolque a diseñar. Para ello se ha tomado como base de ejemplos chasis de caravanas o remolques que existan en la actualidad. Normalmente, tanto caravanas como remolques, sus chasis tienen forma de “H” tal y como se puede ver en la siguiente figura.



Figura 22. Imagen de ejemplo de un chasis de un remolque básico.

Esta forma anteriormente mencionada será la seleccionada para el diseño de este remolque. A raíz de la selección de la forma, se eligen las dimensiones de este, siempre teniendo en cuenta que estas deben cumplir con la normativa explicada anteriormente en el apartado [4.3.1.3](#).

Debido a los problemas explicados en el apartado Evoluciones hasta alcanzar el diseño final, las dimensiones finales del remolque están resumidas en la siguiente figura.

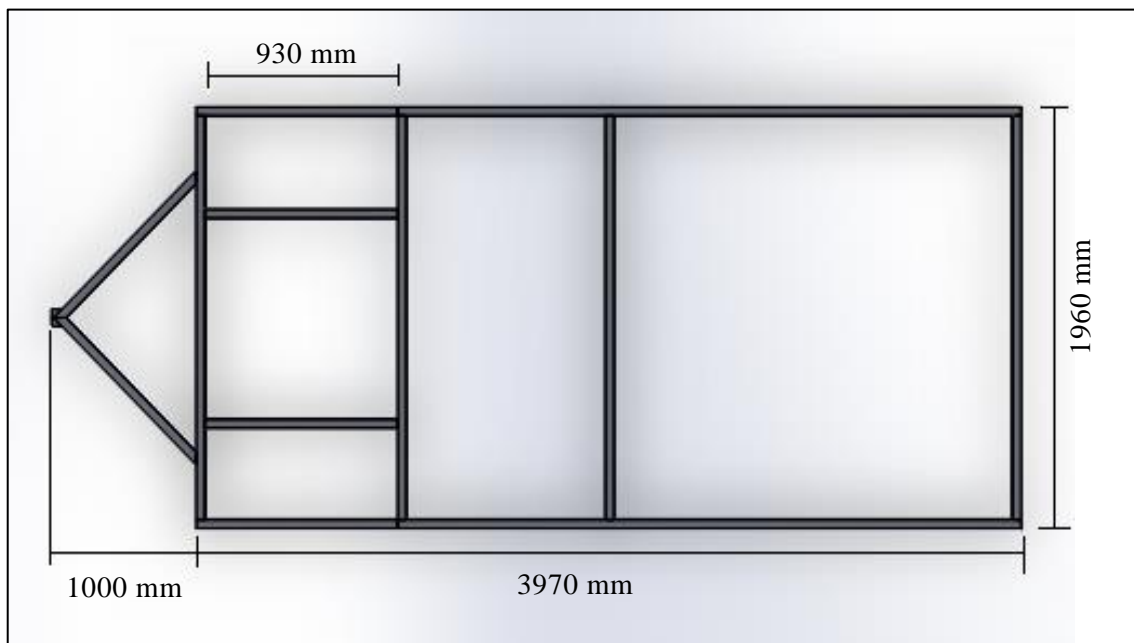


Figura 23. Imagen con las dimensiones del chasis del remolque.

Como se puede ver en la Figura 23. Imagen con las dimensiones del chasis del remolque., la forma del chasis tiene una forma de “H” aunque tiene puntos reforzados para mejorar la rigidez del remolque. Para poder instalar el enganche del remolque, se crea una forma triangular con las dimensiones determinadas para que cualquier vehículo tenga un ángulo de rotación de 270° sin colisionar con el remolque. Esta zona es denominada como lanza del remolque.

El eje del remolque irá instalado en la barra central del chasis. El modelo seleccionado es *Eje sin freno COMPACT* de la firma *AL-KO*, en concreto el eje con mayores dimensiones que disponen. Se escoge esta empresa debido su gran variedad de diferentes componentes relacionados con remolques.



Figura 24. Imagen del eje del remolque seleccionado.

2280	1850	200 392 21	200 567 24	200 393 21	30	-	50
------	------	------------	------------	------------	----	---	----

Figura 25. Imagen de las características del eje seleccionado.

La motocicleta, mientras este colocada en el remolque irá en perpendicular a la dirección de circulación. Por ello se construye una superficie en la parte anterior del remolque donde se ubicara la motocicleta. El modelo seleccionado como pruebas es la *YAMAHA MT 09*, debido a que es una motocicleta muy común y también porque es una de las motocicletas con mayores dimensiones del mercado.



Figura 26. Imagen de la motocicleta YAMAHA MT 09.

Esta motocicleta tiene una longitud máxima de 2075 mm y una anchura máxima de 815 mm. Debido a estas dimensiones, la superficie donde se ubicaran la motocicleta mide de ancho 970 mm y longitudinalmente 1960 mm (aunque la motocicleta supere esta medida, no importa debido a que cumple con la normativa).

La motocicleta irá apoyada encima de una guía para motocicletas de la firma *IBERICA DE REMOLQUES*. Para la seguridad de la motocicleta durante el transporte de ella, se instalan 4 sujeciones al chasis para poder atar la motocicleta.

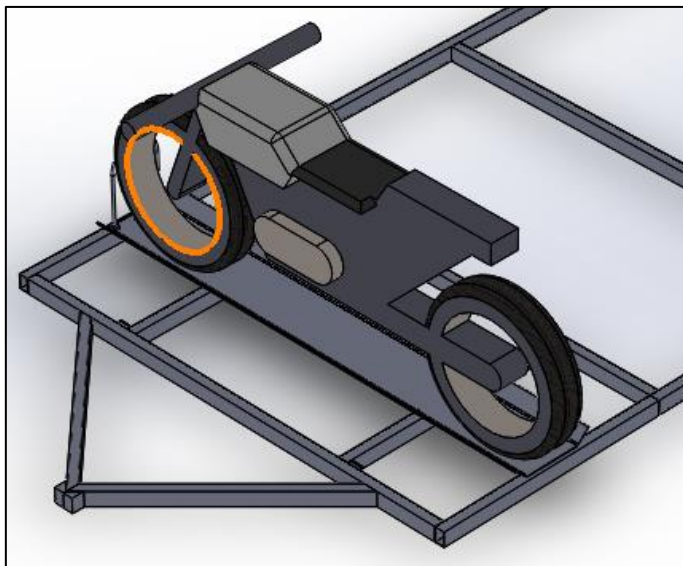


Figura 27. Imagen de la ubicación de la guía para la motocicleta.

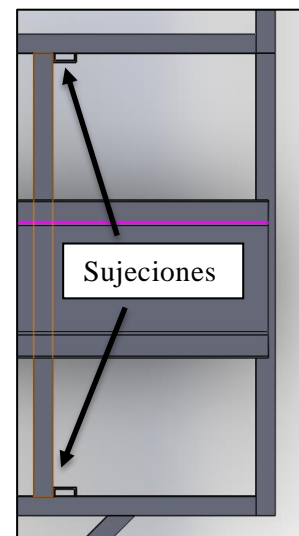


Figura 28. Imagen de la ubicación de las sujeciones para la motocicleta.

5.3.2 Enganche y rueda Jockey

La unión del remolque con el vehículo a motor se realizará mediante un enganche, este se puede dividir en dos apartados:

- La cabeza de enganche, que va situada en la parte anterior del remolque. Este componente normalmente siempre tienen la misma estructura, con algunas pequeñas variaciones dependiendo de la firma y/o utilidad.
- La bola de enganche, que va situada en la parte posterior del remolque. Este componente puede variar según su estilo dependiendo de su utilidad. En la actualidad existen distintitos tipos de bola de enganche: bola fija, bola extraíble horizontal, bola extraíble vertical, bola placa, bola bulón, etc.

El enganche debe poder soportar la parte correspondiente del peso del remolque, debido a que este punto es uno de los tres puntos donde el peso de remolque descansa durante la marcha.

El enganche debe permitir que el vehículo a motor pueda rotar, normalmente, un máximo de 180°. Este también debe soportar los efectos de oscilación producidos por las irregularidades de la vía. Contrariamente, los desplazamientos verticales y longitudinales deben ser anulados.

Para la cabeza de enganche se escoge la mejor opción dentro del catálogo de la firma AL-KO.

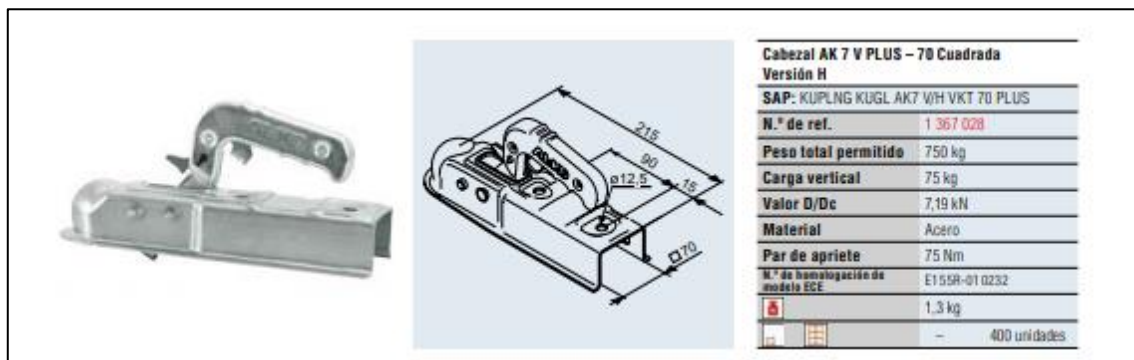


Figura 29. Imagen de la cabeza de enganche seleccionada.

Como se puede ver en la figura anterior, se selecciona el Cabezal AK 7 PLUS – Versión H. Esta cabeza de enganche es escogida en concreto porque mide 70 mm al igual que la parte de la lanza del remolque a la que va unida. Aparte también se puede observar que permite cargar con un remolque que como máximo pese 750 kg.

El enganche estará unido mediante soldadura a la parte coincidente con la lanza del remolque. Se confía en el fabricante AL-KO, la seguridad del enganche para soportar el peso del remolque tal y como indica en su catálogo.

Para la bola de enganche también se selecciona la misma empresa, aunque en este caso el cliente puede escoger la empresa que desee siempre y cuando cumpla con las dimensiones de la cabeza de enganche seleccionada anteriormente.

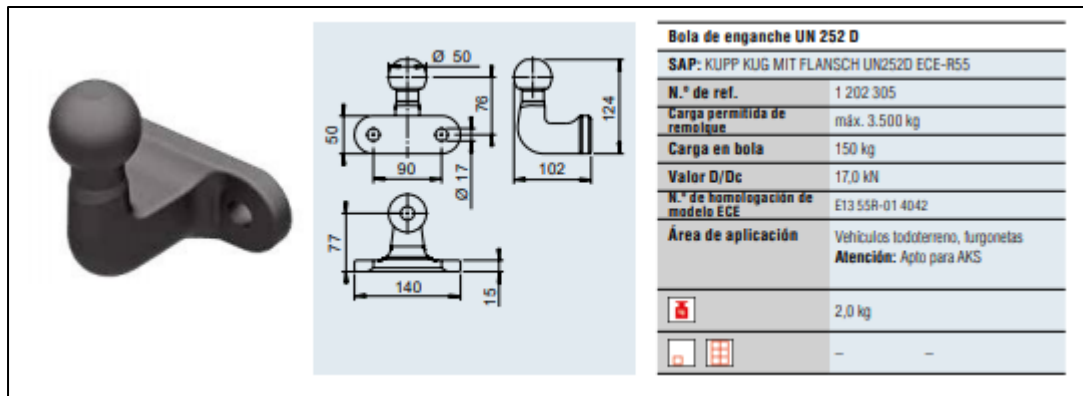


Figura 30. Imagen de la bola de enganche seleccionada.

En la figura anterior se describe que la bola de enganche UN 252-D sería el modelo ideal para el cliente. Esta permite una carga máxima permitida de remolque de 3500 kg, y una carga en bola de 150 kg.

Aparte del enganche, en la parte anterior del remolque existe una pieza llamada rueda Jockey, esta se utiliza una vez el remolque está asentado. Aunque complemento sea uno de los cinco puntos de contacto tierra-remolque, este se utiliza principalmente para facilitar la maniobrabilidad del remolque cuando no está cargado por el vehículo a motor. Al igual que con la cabeza de enganche y la bola de enganche se escoge la mejor opción que ofrece el catálogo de AL-KO.



Figura 31. Imagen de la rueda jockey seleccionada.

En la figura anterior se ve la opción seleccionada, en concreto la rueda jockey con PINSTOP. Este componente permite una capacidad de carga estática máxima de 150 kg. Mide 470 mm de longitud y permite una extensión de 220 mm. A parte tiene un sistema que impide que la rueda gire, haciendo que el remolque no pueda ser desplazado.

Esta pieza se une al chasis mediante un componente llamado abrazadera de sujeción, es selecciono el modelo abrazadera de sujeción de diámetro 48mm, maneta rígida, también de la firma AL-KO.

5.3.3 Neumáticos y guardabarros

Tal y como se describe en el apartado [Chasis](#), el remolque consta de un único eje, por lo tanto se necesitarán de dos ruedas para poder circular. En la actualidad, hay tres tipos de neumáticos bien definidos: neumáticos autoportantes, neumáticos diagonales y neumáticos radiales. A parte también existen subcategorías dependiendo del uso y del vehículo.

Para el remolque diseñado se utilizan neumáticos *tubeless*, estos tipos de neumáticos son una subcategoría de neumáticos radiales. Estos no disponen de la cámara usual, sino que la propia cubierta del neumático hace la función de la cámara usual. Esta subcategoría es muy utilizada debido sus principales ventajas: reducción de pinchazos, mayor fiabilidad y tracción, y ahorro en cámaras.

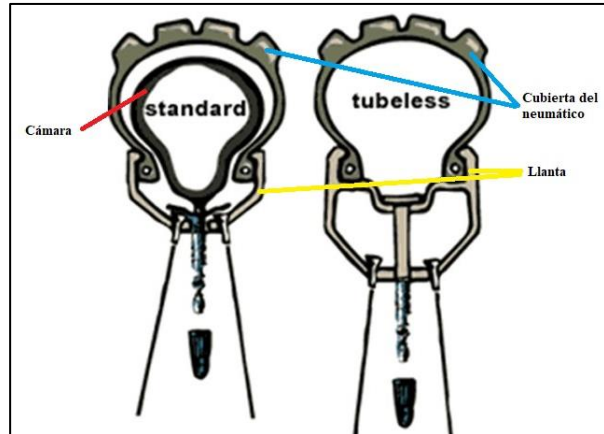


Figura 32. Imagen comparativa entre neumático con cámara (izquierda) y neumático tubeless (derecha).



Figura 33. Imagen del neumático seleccionado.

Una vez determinado el tipo de neumático, se debe seleccionar uno que soporte el peso del remolque. Para ello se escoge el modelo 175/70 R13 de la empresa LLANTAS CARAVANA, ya que permite una capacidad de carga de 530 kg a una velocidad máxima de 140km/h.

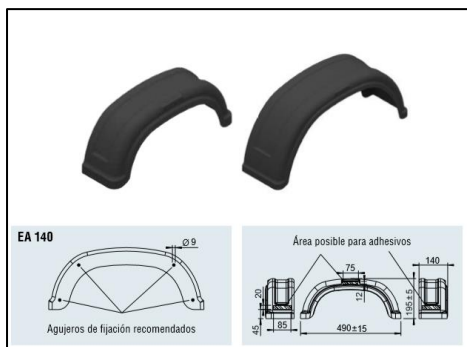


Figura 34. Imagen del guardabarros seleccionado.

Aun así el conjunto anteriormente mencionado requiere ser protegido mediante un guardabarros, debido a que es obligatorio según la Directiva 2010/19/UE. Para el remolque diseñado se escoge el modelo EA 140 de la firma AL-KO.

Su finalidad principal es prevenir que la dispersión de residuos del camino sean lanzados al aire por el neumático al circular.

5.3.4 Patas extensibles

A parte de los [Neumáticos y guardabarros](#) y la [Enganche y rueda Jockey](#), se instalan patas extensibles debido a que aportan unas ventajas, como son: mejora de la estabilidad y el equilibrio, fácil instalación y manejo.

El modelo en concreto seleccionado es Pata 800 kg corta de la empresa AL-KO. Debido a que esta permite una carga máxima estática de 800 kg y un peso total máximo permitido del remolque de 1600 kg.

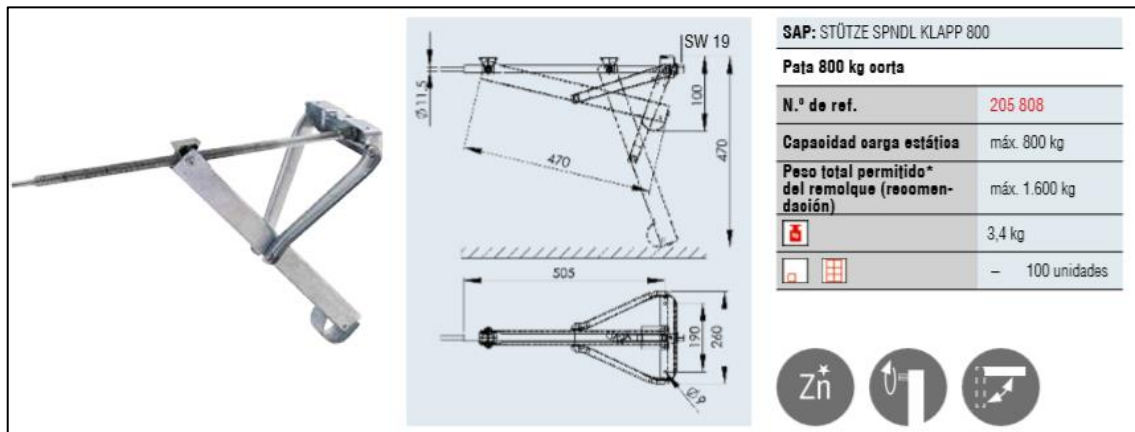


Figura 35. Imagen de la pata extensible seleccionada.

Como se puede apreciar en la Figura 36. Imagen explicativa del funcionamiento de la capacidad de carga, este modelo en concreto solo permite la capacidad máxima de carga cuando el ángulo de ataque es mayor a 45°. También se puede observar que cuando el ángulo de ataque es de 30°, la capacidad de carga se reduce aproximadamente al 70%. Este factor debe ser tomado en cuenta por el usuario del remolque.

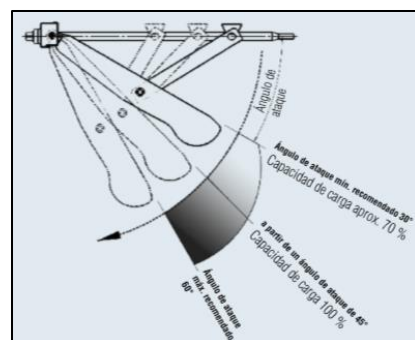


Figura 36. Imagen explicativa del funcionamiento de la capacidad de carga.

En el conjunto total del remolque solo se instalarán dos patas extensibles, y estarán situadas como en la figura siguiente. En la figura, las patas extensibles son los rectángulos de color rojo.



Figura 37. Imagen del chasis y la posición de las patas extensibles.

5.3.5 Dispositivo de alumbrado y señalización óptica

Con el fin de cumplir con la normativa explicada anteriormente en el apartado de Dispositivos de alumbrado y señalización óptica, se instala en el remolque un complemento que cumpla con la mayoría de los requisitos.

Para ello se recurre a la empresa IBERICA DE REMOLQUES, empresa nacional especializada en la venta de remolques desde 1979. De su extenso catálogo relacionado con dispositivos de alumbrado y señalización óptica, se selecciona el componente PORTAMATRICULAS ANCHO 1800 mm. Es escogido este complemento debido a que:

- Este cumple con la normativa anteriormente comentada, ya que este componente lleva incorporado:
 - o Luces indicadoras de dirección.
 - o Luces para señales de emergencia.
 - o Luz de frenado.
 - o Luz de la placa de la matricula trasera (esta no viene incluida en el componente original, por ello se le realizara un instalación de luz mediante LEDS).
 - o Luz de posición trasera.
 - o Luz de antiniebla trasera.
 - o Catadióptricos traseros triangulares.

Notación: Según la normativa aún faltarían más dispositivos de alumbrado y de señalización óptica, estos faltantes se explican en el apartado Estructura superior.

- Su anchura es de 1800 mm, medida que facilita la instalación en el remolque.



Figura 38. Imagen del dispositivo de alumbrado y señalización óptica.

Sin embargo, este componente debe ser alimentado por la batería del vehículo a motor. Para ello en la parte anterior del remolque se instala un conector de 7 polos, en concreto el de la firma BEMATIK.



Figura 39. Imagen del conector de 7 polos seleccionado.

Estos polos tienen cada uno una función diferente. En la siguiente figura, se desarrolla la explicación de cada uno:

- Polo N° 1: Intermitente izquierdo.
- Polo N° 2: Antiniebla.
- Polo N° 3: Masa.
- Polo N° 4: Intermitente derecho.
- Polo N° 5: Luz de posición derecha.
- Polo N° 6: Freno.
- Polo N° 7: Luz de posición izquierda.

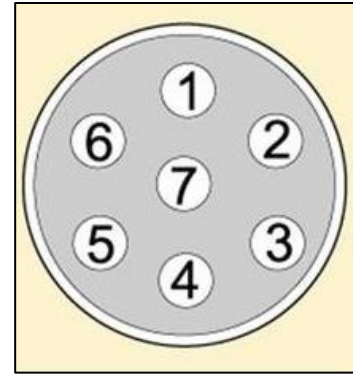


Figura 40. Imagen explicativa la funcionalidad de cada polo en un conector de 7 polos.

Debido a que el componente PORTAMATRICULAS ANCHO 1800 mm ya dispone de un cable adaptado para un conector de 7 polos, la unión entre estos dos componentes será de una simple operación de soldadura.

La distribución del cable por el que transcurrirá la electricidad y señal para cada polo, se muestra en la figura a continuación. Esta figura a continuación es la imagen del chasis del remolque, el cable estará situado en el interior de los tubos que componen el chasis.

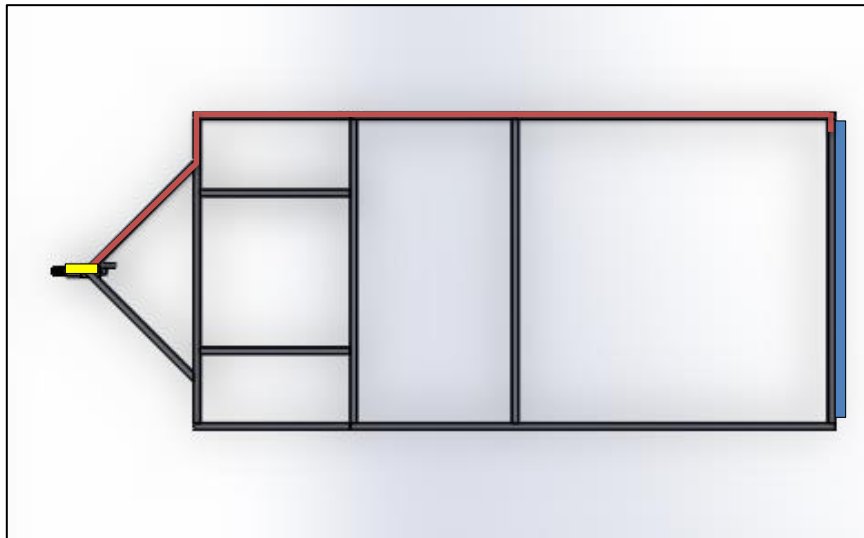





Figura 41. Imagen descriptiva del chasis y la distribución eléctrica del dispositivo de señalización óptica.

Leyenda de la anterior figura:

-  : Dispositivo de alumbramiento y señalización óptica.
-  : Conector de 7 polos.
-  : Cableado eléctrico.

5.3.6 Estructura superior

La estructura superior del remolque diseñado se compone del conocido normalmente como caja, este está dividido en las siguientes secciones: el suelo, las cuatro paredes y el techo. A continuación se hablará detalladamente de cada sección.

El suelo encargado de mantener todo el peso de dentro de la caja, está fabricado mediante una chapa antideslizante de aluminio de damero. El suelo tiene unas dimensiones de 1960 x 3000 mm y con 2 mm de grosor.

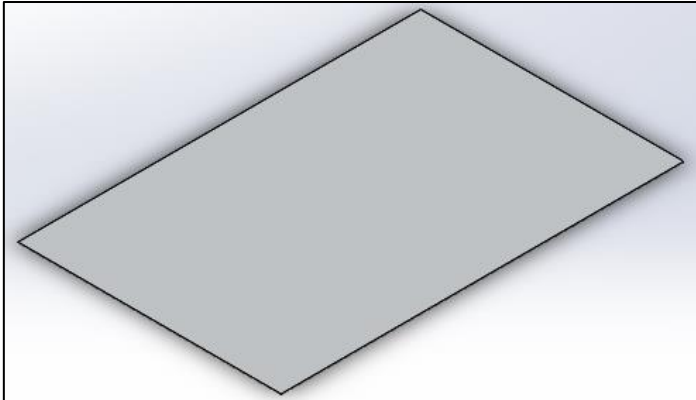


Figura 42. Imagen del suelo de la estructura superior.



Figura 43. Imagen de chapa antideslizante de aluminio de damero.

Las paredes están diferenciadas por dos paredes rectangulares, dos paredes con curva, el morro y dos puertas correderas. Las paredes rectangulares tienen unas dimensiones de 1880 x 2000 mm, están fabricadas con chapa de aluminio con un grosor de 1 mm. Mientras que las paredes con curvas miden 1000 x 2000 mm (tienen una curvatura tal y como se ve en la Figura 44), y también están fabricadas con chapa de aluminio con un grosor de 1 mm. El morro, al igual que los anteriores componentes, es de chapa de aluminio con un grosor de 1 mm y sigue la forma de la pared con curva.

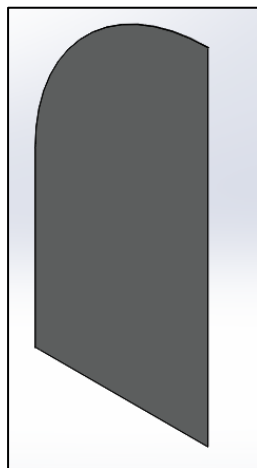


Figura 44. Imagen de la pared con curva de la estructura superior.

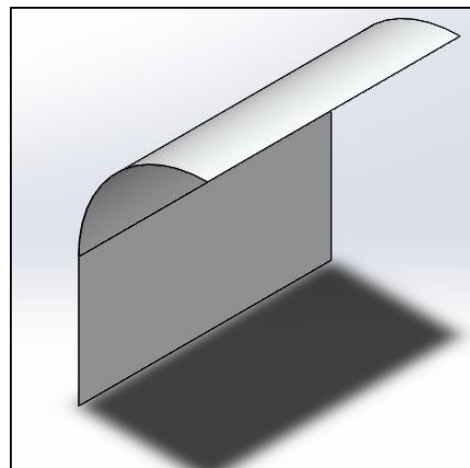


Figura 45. Imagen del morro de la estructura superior.

Para poder entrar en el remolque se instalan dos puertas correderas, éstas circulan por dos guías. Las puertas correderas tienen unas dimensiones de 1890 x 1000 mm y tienen un grosor de 1 mm, también son de chapa de aluminio. Estas puertas circulan por unas guías fabricadas especialmente para estas puertas.

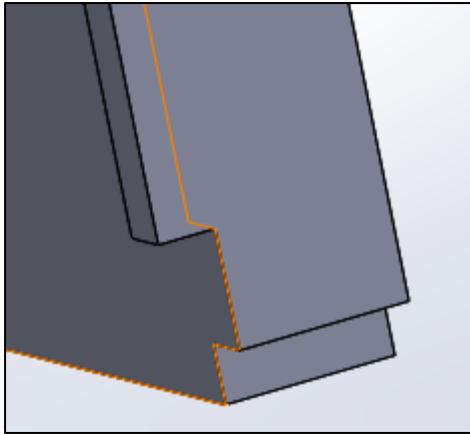


Figura 46. Imagen de la sección de las puertas correderas.

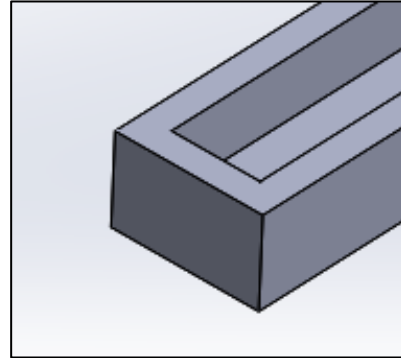


Figura 47. Imagen de una guía para las puertas correderas.

El techo, a diferencia de las otras superficies de la estructura superior, está compuesto por dos materiales diferentes. Este tiene unas dimensiones de 1960 x 3000 mm y está fabricada con chapa de aluminio. Aun así en el centro tiene una ventana de dimensiones 1740 x 990 mm, fabricada con PVC transparente. El techo es sujeto mediante cuatro columnas de 60 x 40 mm de sección, con una altura de 2000 mm, situadas en las cuatro esquinas del techo.

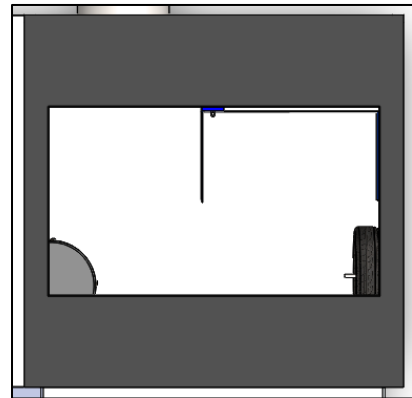


Figura 48. Imagen del techo de la estructura superior.

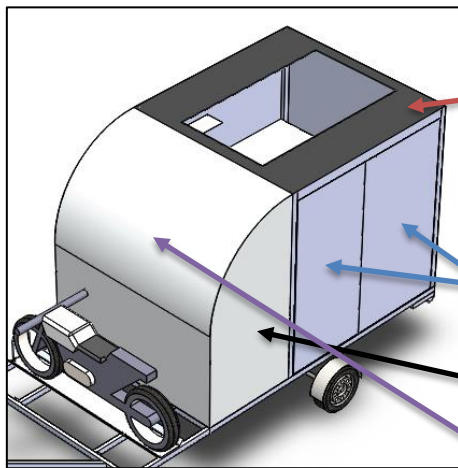


Figura 49. Imagen de la estructura superior desde la vista 1.

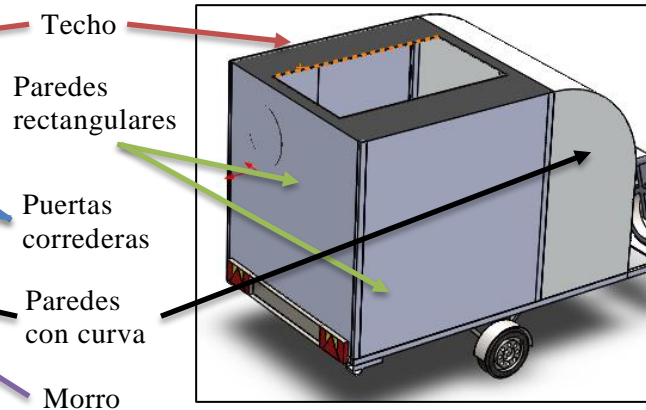


Figura 50. Imagen de la estructura superior desde la vista 2.

En el apartado **Dispositivo de alumbrado y señalización óptica** se menciona la falta de algunos de estos, los cuáles son:

- Luz de posición delantera de color blanco situado delante, en el exterior.
- Catadióptricos delanteros no triangulares de color blanco situado delante, en el exterior.
- Catadióptricos laterales no triangulares de color amarillo situado en el lateral.



Figura 51. Imagen de luz de posición delantera de color blanco.



Figura 52. Imagen de catadióptricos delanteros no triangulares de color blanco.



Figura 53. Imagen de catadióptricos laterales no triangulares de color amarillo.

En las siguientes figuras se puede observar la ubicación de estos dispositivos de alumbrado y señalización óptica descritos anteriormente.

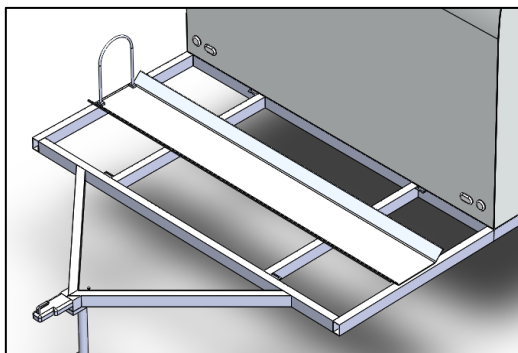


Figura 54. Imagen de la ubicación de los dispositivos en la ubicación delantera.

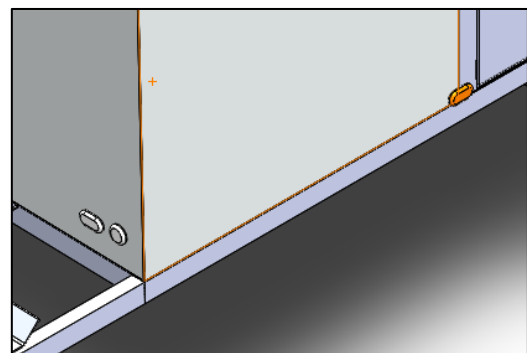


Figura 55. Imagen de la ubicación de los dispositivos en la ubicación lateral.

5.3.7 Interior

Para que el remolque esté suficientemente equipado para cumplir con el objeto del Trabajo de Final de Grado; en el interior del remolque vendrá instalado el siguiente mobiliario:

- Armario de media altura: fabricado con metal y con nueve cajones en el lado derecho y tres estanterías en el lado izquierdo.
- Tres estanterías: fabricadas con contrachapado de madera que tienen unas dimensiones de 800 x 200 mm.
- Mesa de trabajo: fabricada con contrachapado de madera y de dimensión 1057 x 1954 mm.
- Taburete.
- Tornillo de banco.
- Barra para sujetar neumáticos de repuesto.

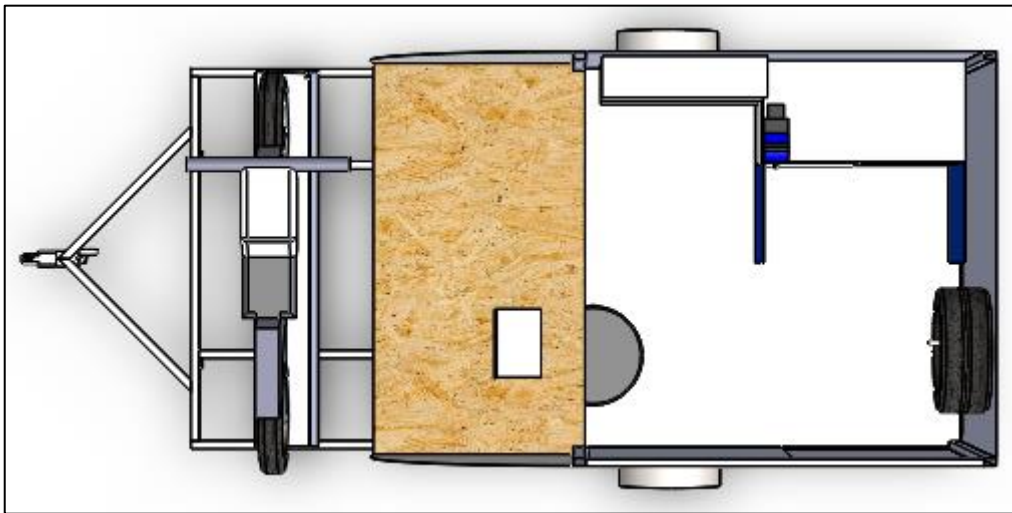


Figura 56. Imagen de la distribución del interior del remolque.

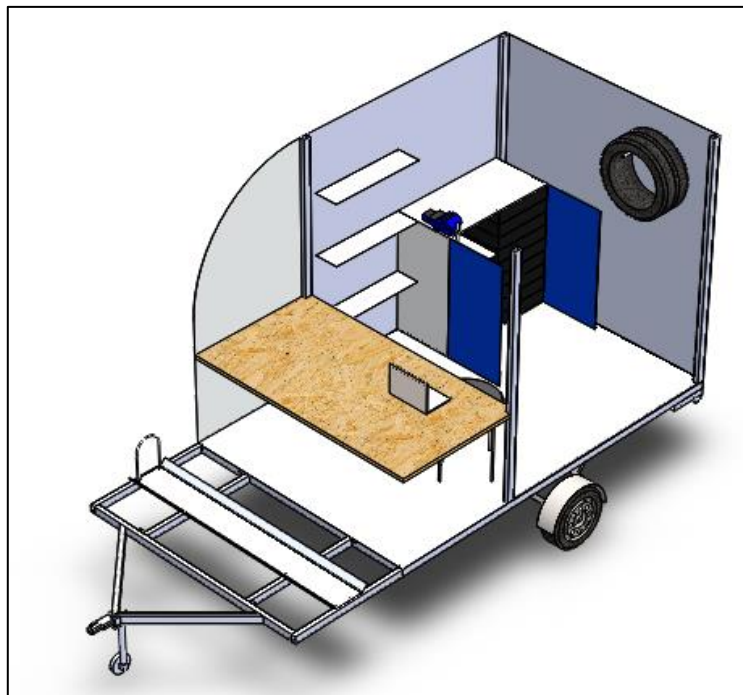


Figura 57. Imagen de la vista isométrica del interior del remolque.

Para disponer de electricidad dentro del remolque, se instala en el exterior una toma de corriente de 220 V. Esta será la fuente de corriente para el sistema de iluminación del interior y también de una regleta de 6 enchufes con interruptor. La instalación eléctrica no constará de transformador debido a que la corriente de entrada será de 220 V al igual que los componentes que utilicen la regleta.



Figura 58. Imagen de la toma de corriente de 220 V.



Figura 59. Imagen del fluorescente instalado en el interior del remolque.



Figura 60. Imagen de la regleta de 6 enchufes con interruptor.

5.3.8 Toldo retráctil

Debido a que el remolque será utilizado la mayor parte del tiempo al aire exterior, la instalación de un toldo aporta muchos beneficios. El remolque dispondrá de un toldo retráctil, debido a que este tipo de toldo tiene algunas ventajas muy importantes.

- Protege al usuario de los efectos climáticos: en verano de la incidencia de los rayos de sol y en invierno de las temperaturas frías, de las ráfagas de viento, de la lluvia, etc.
- Aporta mayor superficie útil: este viene relacionado con la ventaja anterior, ya que al estar protegidos, la superficie útil del remolque aumenta en relación a las dimensiones del toldo.
- Garantiza y mejora la intimidad del usuario mientras esté utilizando el remolque.
- Su instalación y desmontaje es fácil y rápida.

El toldo tendrá dos posiciones disponibles; totalmente recogido o totalmente extendido. La estructura del toldo será tubular y esta circulará por unos tubos fijos a la estructura superior del remolque.

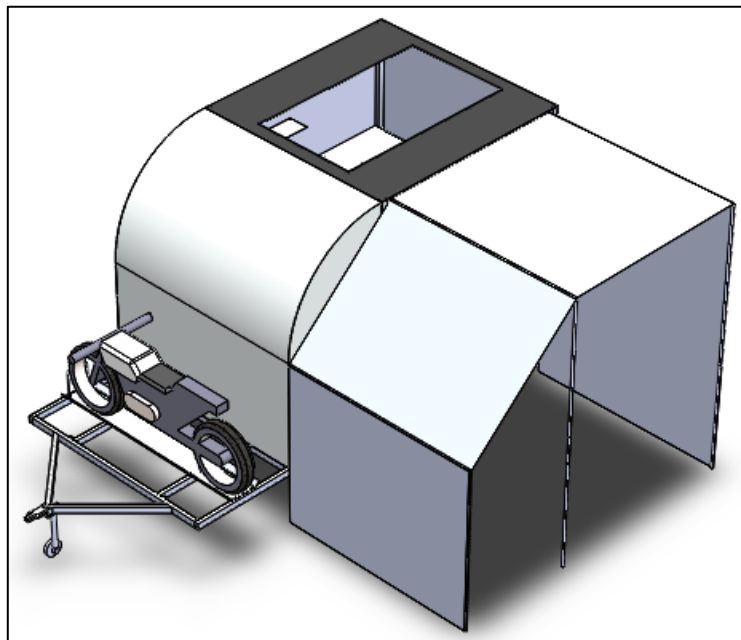


Figura 61. Imagen de la posición Totalmente extendido.

En la [Figura 61](#), se puede ver cómo sería la posición Totalmente extendido. En esta posición, el toldo ofrece una superficie útil en el exterior del remolque de 1760 x 3000 mm. El toldo está fabricado con tela PVC, este material tiene como características principales: impermeabilidad, resistencia al desgaste, longevidad y ligereza. Debido a estas características principales, este material es perfecto para la utilidad que ofrece un toldo.

Como se ha mencionado anteriormente, los tubos de la estructura del toldo circularán por tubos fijos en la estructura superior del remolque. Los tubos fijos tendrán un carril por el circulará el mango para poder montar o desmontar el toldo retráctil, esto se puede ver en la Figura 62. Para que el toldo aguante la fuerza del viento u otros efectos climáticos, la barra horizontal permanecerá 20 cm dentro de la barra fija durante la posición Totalmente extendido.

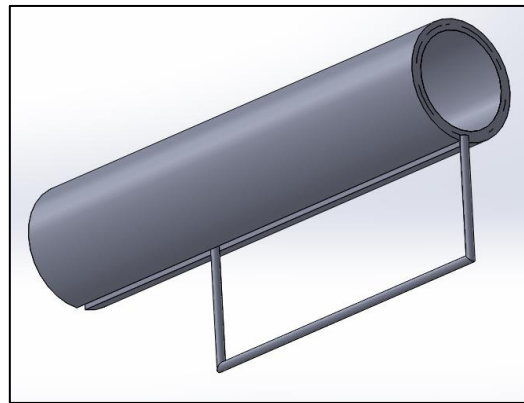


Figura 62. Imagen explicativa del funcionamiento de montura del toldo retráctil.

Mientras que para las barras verticales se utilizará la típica barra extensible con muelle a presión. A diferencia de las barras horizontales, se utiliza esta tipo de barra porque dependiendo del terreno se requerirá diferentes alturas para cada columna.



Figura 63. Imagen de ejemplo de una barra extensible con muelle a presión.

A continuación, en la figura de la izquierda se puede observar cómo quedaría el remolque cuando el toldo este en posición Totalmente recogido. Mientras que en la figura de la derecha como es la estructura del toldo retráctil sin tela, junto con la posición de la motocicleta mientras se esté realizando algún trabajo en ella.

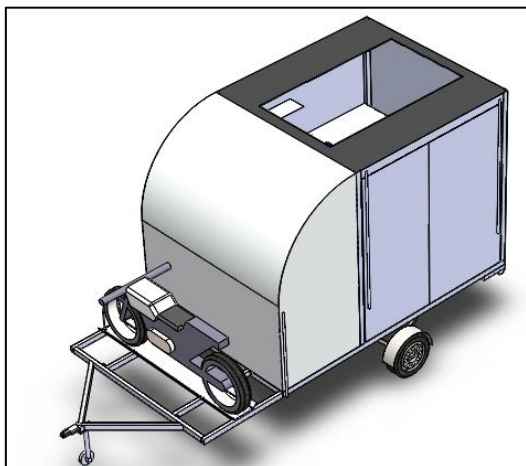


Figura 64. Imagen de la posición Totalmente recogido.

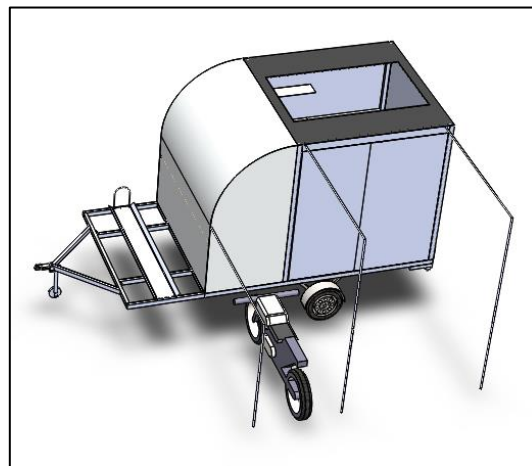


Figura 65. Imagen de la estructura del toldo retráctil y la posición de trabajo de la motocicleta.

5.3.9 Cálculo del peso del remolque final

En esta sección se realizará el cálculo de peso del remolque final, esta se dividirá en diferentes secciones:

- Peso de las barras de sección 60x40x2 mm, encargadas de ser el chasis del remolque y de mantener la estructura superior fija. Tiene un peso de 3.13 kg por cada metro de barra.
- Peso del eje.
- Peso del conjunto neumático: peso de las dos ruedas y los dos guardabarros.
- Peso del portamatriculas.
- Peso de la guía de la motocicleta.
- Peso de la motocicleta: peso de la motocicleta YAMAHA MT 09 versión 2018/19, dado que es la moto seleccionada como prueba durante el diseño del remolque.
- Peso del enganche.
- Peso de la estructura superior: peso del suelo, de las 2 paredes rectangulares, de las paredes correderas y del techo.
- Peso del mobiliario.
- Toldo retráctil: peso de las barras fijas, movibles y de la tela.
- Total: recuento total del peso del remolque final.

Categoría	Peso
Barras	79.25 kg
Eje	30 kg
Conjunto neumático	13.7 kg
Portamatriculas	20 kg
Guía motocicleta	10 kg
Motocicleta	191 kg
Enganche	1.3 kg
Estructura superior	77 kg
Mobiliario	76 kg
Toldo retráctil	51 kg
<i>Total</i>	<i>549.25 kg</i>

Figura 66. Tabla del cálculo del peso del remolque final.

Como se puede ver en la Figura 66, el remolque en estado vacío tiene un peso de 549.25 kg, lo que da un margen de 200.75 kg. Este margen será utilizado por el cliente según el equipo de herramientas y otros complementos que necesite.

6 Simulaciones

6.1 SolidWorks: Simulation

El estudio de las cargas aplicadas al remolque, se realiza con el complemento Simulation del programa SolidWorks. Este complemento ofrece las siguientes herramientas vistas en la siguiente figura. En este apartado se explicará el funcionamiento de las herramientas utilizadas durante el transcurso de la redacción.

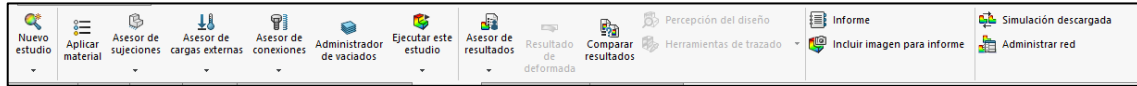


Figura 67. Imagen del conjunto de herramientas ofrecidas por el complemento Simulation.

Para empezar una nueva simulación se selecciona Nuevo estudio, donde después se deberá configurar según como se quiera nombrar el estudio, como se tenga en cuenta la percepción del diseño, si se desea realizar una simulación avanzada y/o especializada, entre otras cosas. Una vez el estudio está completamente definido se obtendrá la figura anterior.

Siguiendo el orden establecido por el programa, primero se aplicará el material de los componentes que forman el objeto a estudiar. SolidWorks ofrece una gran variedad de materiales, que están agrupados según sus características en: Acero, Hierro, Aleaciones, Plásticos, Madera, etc. A parte, ofrece la posibilidad de añadir más materiales personalizables en el caso de que el material no este incorporado.

A continuación, se selecciona la herramienta Asesor de sujeciones, esta permite describir cómo se comporta el modelo. El complemento Simulation proporciona diferentes sujeciones disponibles, tales como: Geometría fija, Rodillo/Control deslizante, Bisagra fija, Soporte elástico o Sujeciones avanzadas. Para las simulaciones solo se ha utilizado la sujeción Geometría fija; debido a, tal como indica su nombre, que esta fija la superficie que se seleccione (útil para simular zona fijas tales como enganche o eje).

A parte también se debe seleccionar que cargas externas sufre el objeto a estudio, SolidWorks ofrece una gran variedad de diferentes tipos de carga. Debido a las características del estudio solo se utilizaran de tipo Fuerza.

El último paso a realizar antes de obtener la resolución, será la selección del estilo de malla de los componentes. SolidWorks permite tres tipos de malla: malla estándar, malla basada en curvatura y malla basada en curvatura de combinado. Las cuáles podrán ser configuradas según cuantos puntos jacobianos se requieren, la densidad de la malla, si se desea una malla con calidad de borrado, entre otros aspectos.

Después de haber configurado correctamente los puntos anteriormente mencionados, se obtiene los resultados. Este complemento permite el estudio de tres diferentes resultados: las tensiones de von Mises, los desplazamientos producidos y las deformaciones producidas.

Para entender los resultados obtenidos, SolidWorks proporciona una escala de color con la que se reflejan los resultados en el modelo a estudio.

6.2 SolidWorks: Flow Simulation

Para el estudio de la aerodinámica del remolque se utiliza el complemento Flow Simulation del programa SolidWorks. Una vez se selecciona este complemento se otorga las siguientes herramientas.

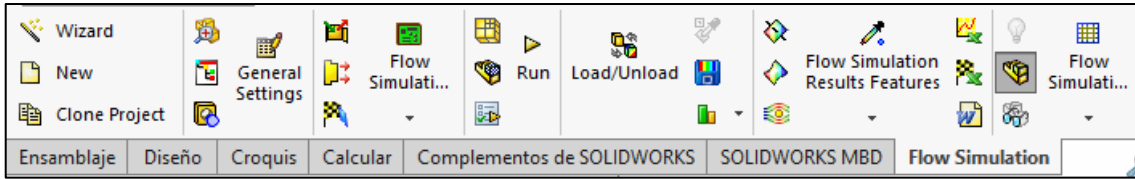


Figura 68. Imagen del conjunto de herramientas ofrecidas por el complemento Flow Simulation.

Para empezar un nuevo estudio se debe seleccionar “Wizard”, aquí es donde se establecerán los parámetros básicos en los que se trabajará. Primero deja escoger el tipo de sistema unitario con el que se quedará realizar el estudio.

A continuación se deberá elegir el tipo de análisis:

- Externo: el flujo de aire circula por el exterior del sólido.
- Interno: el flujo de aire circula por el interior del sólido.

Una vez seleccionado el tipo de análisis, se selecciona el fluido que se escoja para realizar el estudio; dejan elegir entre gases, líquidos, líquidos no newtonianos, líquidos compresibles, gases reales o vapor.

Para concluir con la configuración del estudio, el programa pide los parámetros de velocidad, temperatura y presión para las condiciones iniciales y ambientales. Después de este paso se definirá la zona de estudio para que el programa pueda realizar los cálculos necesarios para obtener los resultados.

Una vez el programa obtiene los resultados de se escoge el estilo de visualización de la trayectoria del flujo. El programa permite escoger las caras afectadas del sólido, como ejemplificar la trayectoria del flujo (líneas, flechas, esferas, etc.), las dimensiones y cantidades de estas, entre otras muchas cosas.

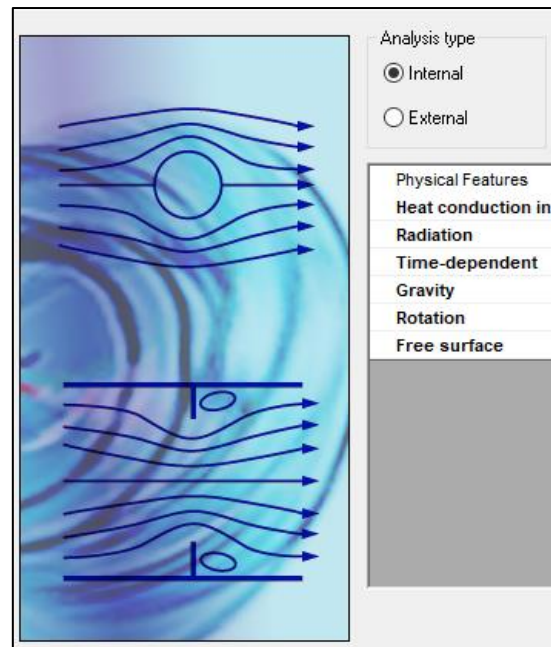


Figura 69. Imagen de los diferentes tipos de análisis.

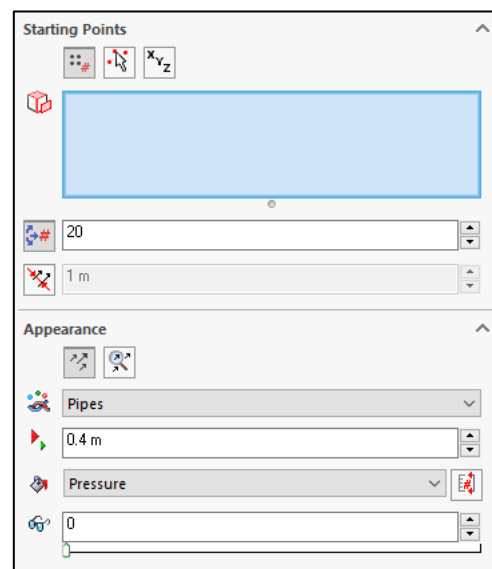


Figura 70. Imagen de selección de apariencia de la trayectoria del flujo.

6.3 Fuerzas simuladas

En esta sección se estudiará el comportamiento que sufre el remolque cuando se le aplican fuerzas simuladas. Este estudio es importante debido a que se debe averiguar si el diseño soportaría cargas reales antes de producirlo, para poder ofrecer una seguridad total al cliente. Para ello, se utilizará el complemento Simulation, del programa SolidWorks, anteriormente explicado.

6.3.1 Resultados

Para la realización de la simulación, el diseño del remolque es simplificado con el fin de obtener unas conclusiones más claras a simple vista. No obstante esto no quita credibilidad al resultado, puesto que todos los objetos retirados del diseño final serán sustituidos por cargas.

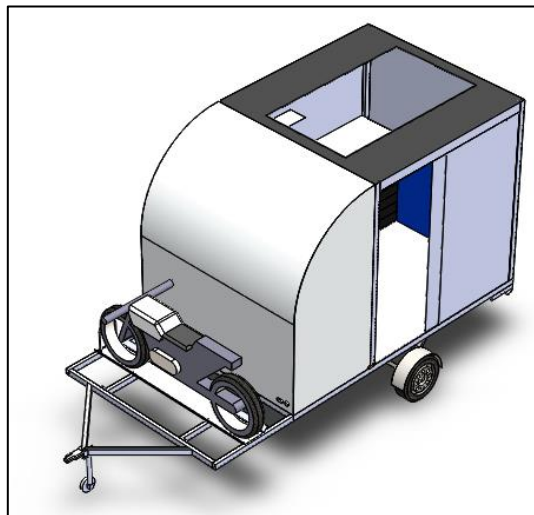


Figura 71. Imagen del diseño final.

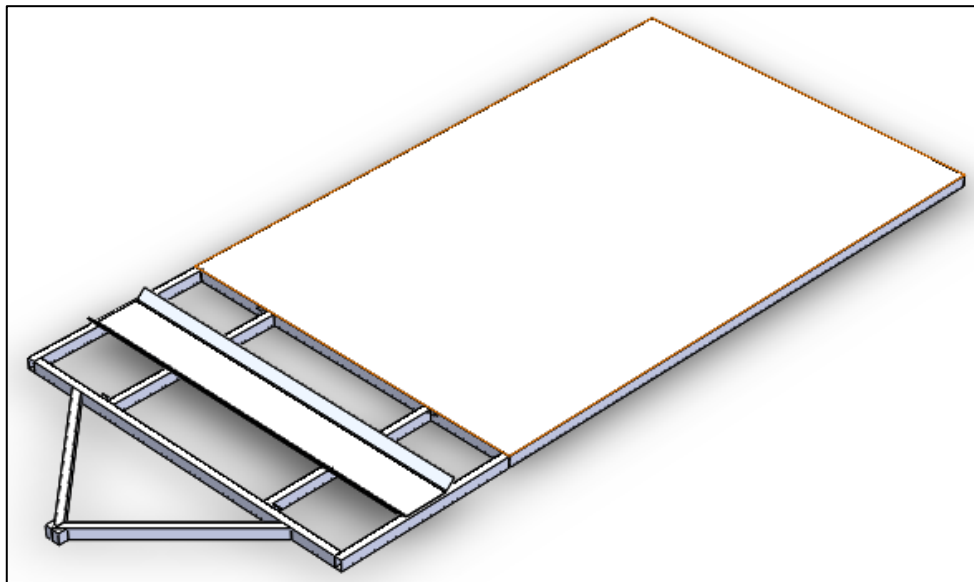


Figura 72. Imagen del diseño simplificado utilizado para esta simulación.

Para poder hacer las simulaciones se seleccionará los materiales para cada componente. En el modelo simplificado se basa en dos materiales:

- AISI 4340 Acero normalizado: material de las barras tubulares de sección rectangular de 60 x 40 mm y de grosor 2 mm. Se selecciona este material debido a sus cualidades físicas comentadas a continuación, a su fácil obtención en el mercado y a su relación calidad-precio.
- 6063-T6 Aleación de aluminio: material del suelo del remolque y de la guía para la motocicleta. Al igual que pasa con el anterior material, también se selecciona este material debido a sus cualidades físicas comentadas a continuación, a su fácil obtención en el mercado y a su relación calidad-precio.

<i>AISI 4340 Acero normalizado</i>			<i>6063-T6 Aleación de aluminio</i>		
<u>Propiedad</u>	<u>Valor</u>	<u>Unidades</u>	<u>Propiedad</u>	<u>Valor</u>	<u>Unidades</u>
Módulo elástico	2.05e+11	N/m ²	Módulo elástico	6.9e+10	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.32	N/D	Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Módulo cortante	8e+10	N/m ²	Módulo cortante	2.58e+10	N/m ²
Densidad de masa	7850	Kg/m ³	Densidad de masa	2700	Kg/m ³
Límite de tracción	1110000000	N/m ²	Límite de tracción	240000000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²	Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	710000000	N/m ²	Límite elástico	215000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica	1.23e-05	/K	Coefficiente de expansión térmica	2.34e-05	/K
Conductividad térmica	44.5	W/(m*K)	Conductividad térmica	209	W/(m*K)
Calor específico	475	W/(m*K)	Calor específico	900	W/(m*K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D	Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 73. Tabla con las propiedades de cada material.

Una vez seleccionados los materiales de los componentes es creada la malla. Una malla es la división de la geometría para analizar en múltiples partes, para poder aplicar el Método de Elementos Finitos.

Se selecciona una malla basada en curvatura con 4 puntos jacobianos.

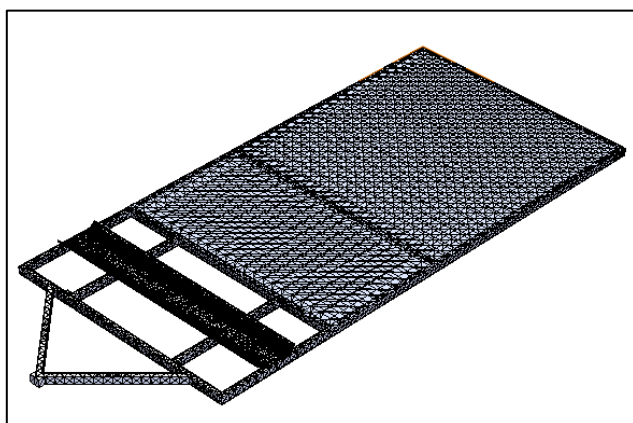


Figura 74. Imagen de la malla creada para el modelo simplificado.

Antes de aplicar cargas al mallado del diseño simplificado, diferenciar dos situaciones:

- Cuando el remolque esta estático. El remolque se apoya en 5 puntos diferentes; la rueda Jockey, las dos ruedas con las que se circula y las dos patas extensibles.
- Cuando el remolque está siendo cargado. El remolque, en este caso, se apoya en 3 puntos diferentes; el enganche y las dos ruedas con las que se circula.

Notación: Aunque en realidad parte del peso del remolque se apoye en las ruedas, se considera el conjunto ruedas y eje, para obtener una mejor simulación.

A continuación las dos figuras explicativas donde se muestran estos puntos anteriormente mencionados. Para poder hacer una simulación correcta, se considera estos puntos como sujeciones de tipo *Geometría fija*.

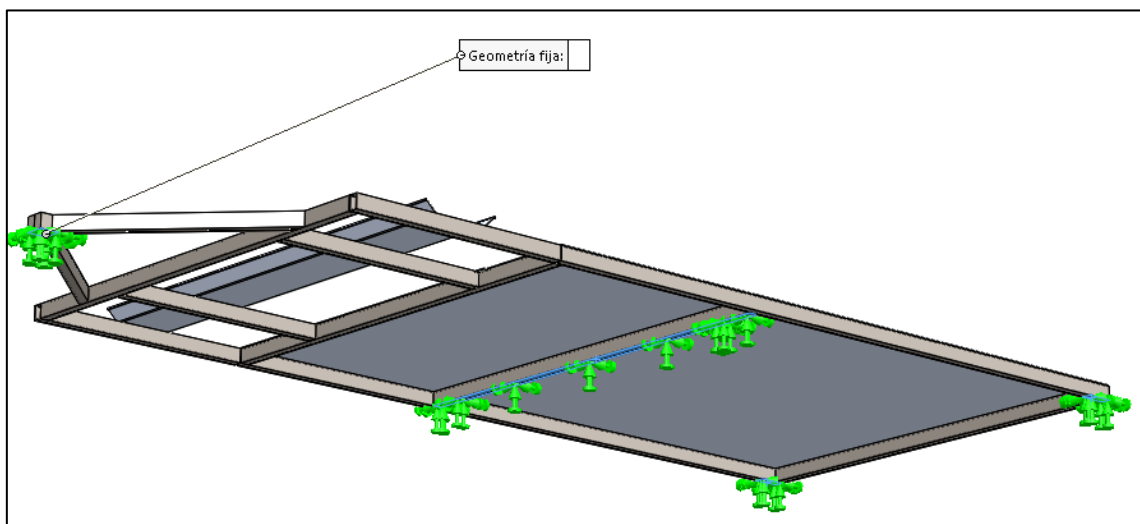


Figura 75. Imagen de la situación 1, con los respectivos puntos de apoyo.

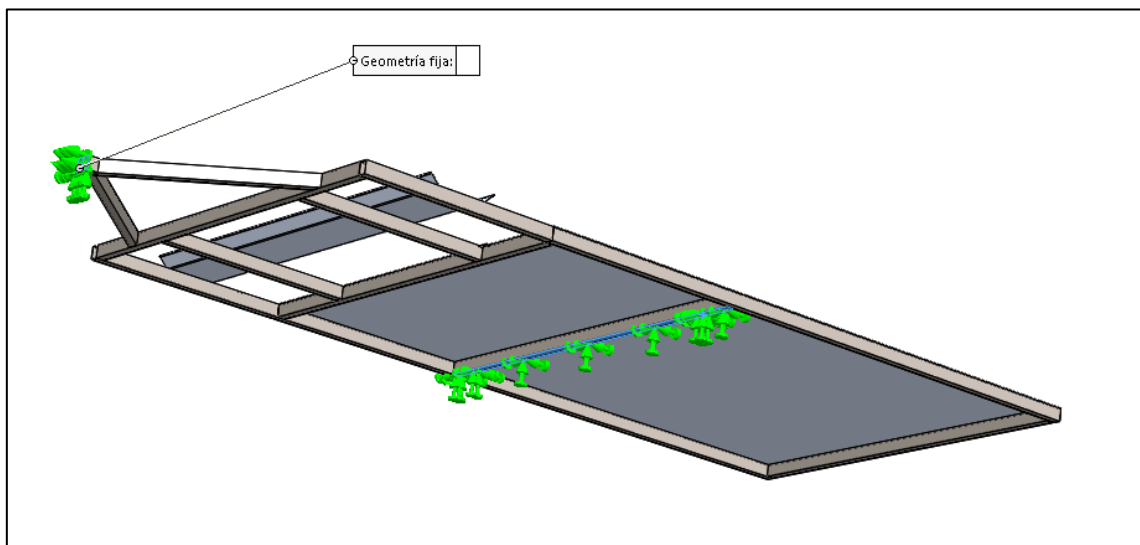


Figura 76. Imagen de la situación 2, con los respectivos puntos de apoyo.

En ambas situaciones se le aplicaran las mismas cargas. En la guía para la moto se sitúa una carga vertical de 5000 N; aunque durante el diseño del remolque se tomen las medidas de la motocicleta YAMAHA MT 09, cuyo peso es de 191 kg, se aplica un factor de seguridad 2 para tener un garantías de que el remolque soportara cualquier peso. Mientras que en la caja del remolque se impondrá una carga vertical de 4500 N; el equivalente a un peso de 459 kg, dentro de este peso se tiene en cuenta mobiliario, toldo retráctil, estructura superior, etc.

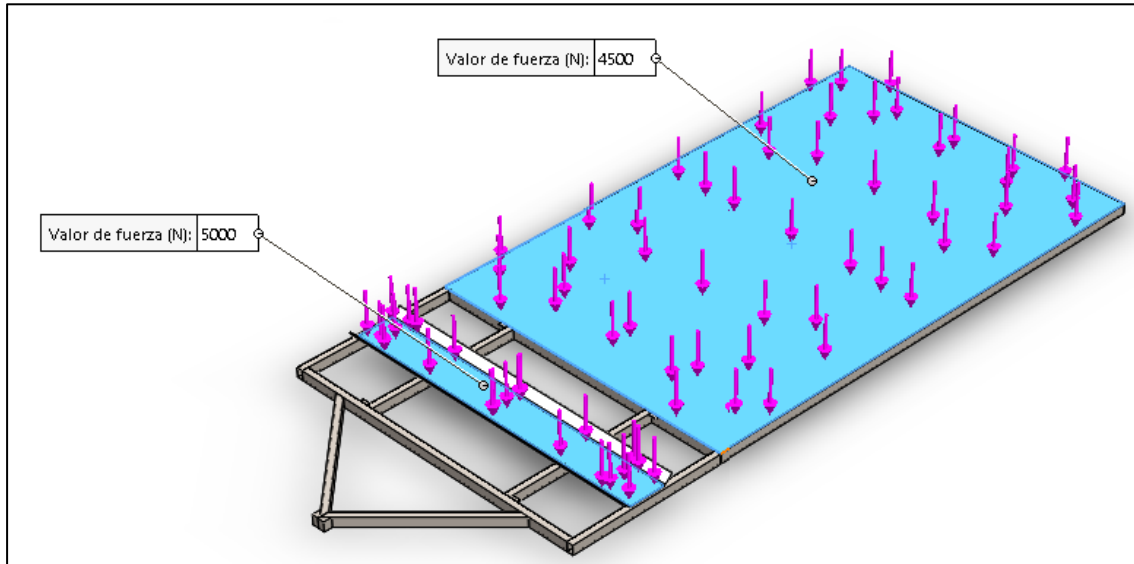


Figura 77. Imagen de las cargas aplicadas al modelo simplificado.

Una vez se han determinado los materiales, los puntos fijos y las cargas deseadas, el programa ya puede resolver la simulación. A continuación se explicaran los resultados obtenidos de la situación 1.

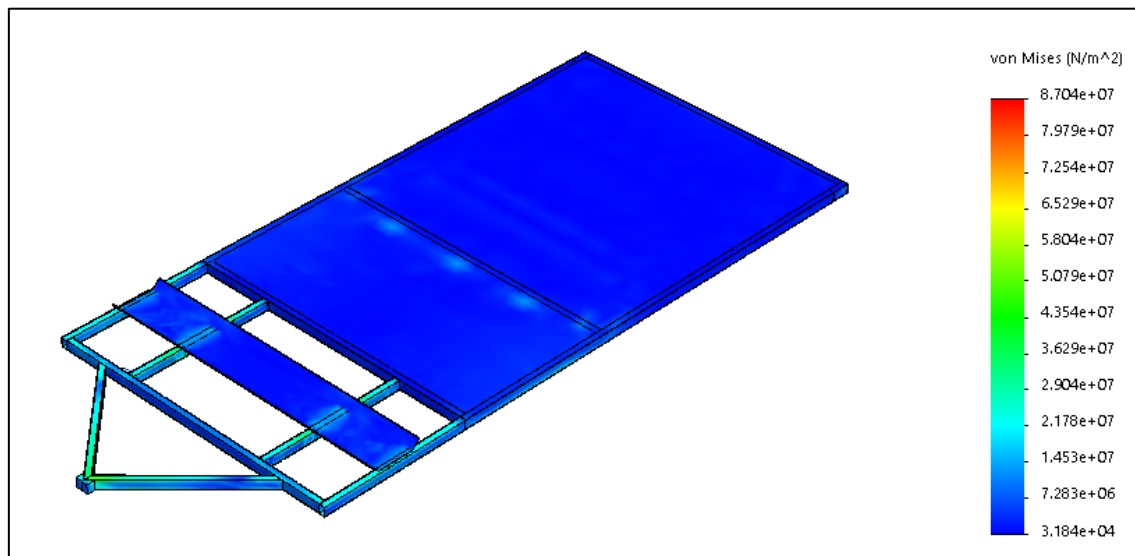


Figura 78. Imagen del resultado de la tensión de von Mises de la situación 1 con la escala real.

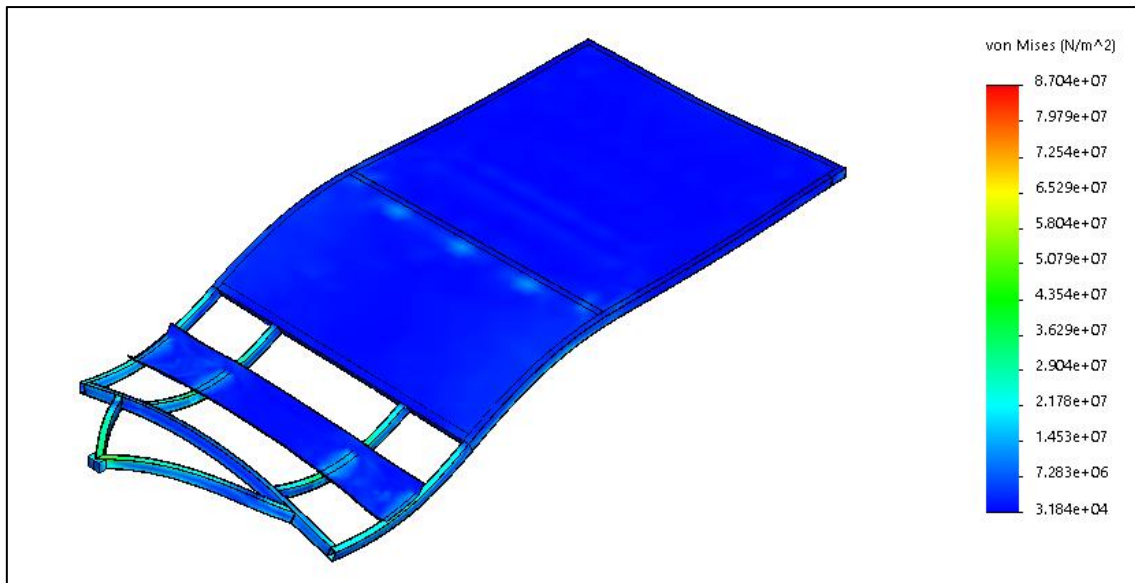


Figura 79. Imagen del resultado de la tensión de von Mises de la situación 1 con una escala de 211.487.

En las dos figuras anteriores, se pueden ver los resultados de la tensión de von Mises con dos diferentes escalas. La tensión de von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión, con lo que si se realiza un estudio de ella se verá por donde la pieza es deformada en mayor medida. La unidad de medida de la tensión de von Mises es N/m^2 .

En ambas figuras, el color azul oscuro marca la tensión mínima, mientras que el color rojo oscuro marca la tensión máxima. Aunque en la segunda figura parezca que el componente es altamente deformado, no lo es; esto es debido a que SolidWorks aplica una escala para poder tener un resultado más crítico a simple vista. Observando la primera figura, se puede observar como el chasis del remolque no es deformado. Los puntos que más sufren las cargas aplicadas son la lanza, los soportes de la guía para la motocicleta y la zona del suelo en contacto con el eje.

Con el estudio de la tensión de von Mises, ya se puede establecer que el chasis soportará toda la carga con los puntos de apoyo de la situación 1, y por tanto decir que el remolque es seguro. Aun así, para comprobar que el remolque no sufre deterioro físico hay que fijarse en los desplazamientos físicos que proporciona este complemento de SolidWorks.

Al igual que pasa con la tensión de von Mises, la zona donde se produce el mínimo desplazamiento es reflejado de color azul oscuro, mientras que la zona del máximo desplazamiento es reflejada de color rojo oscuro. La unidad de medida de la desviación es mm. Estos resultados son mostrados en las figuras a continuación.

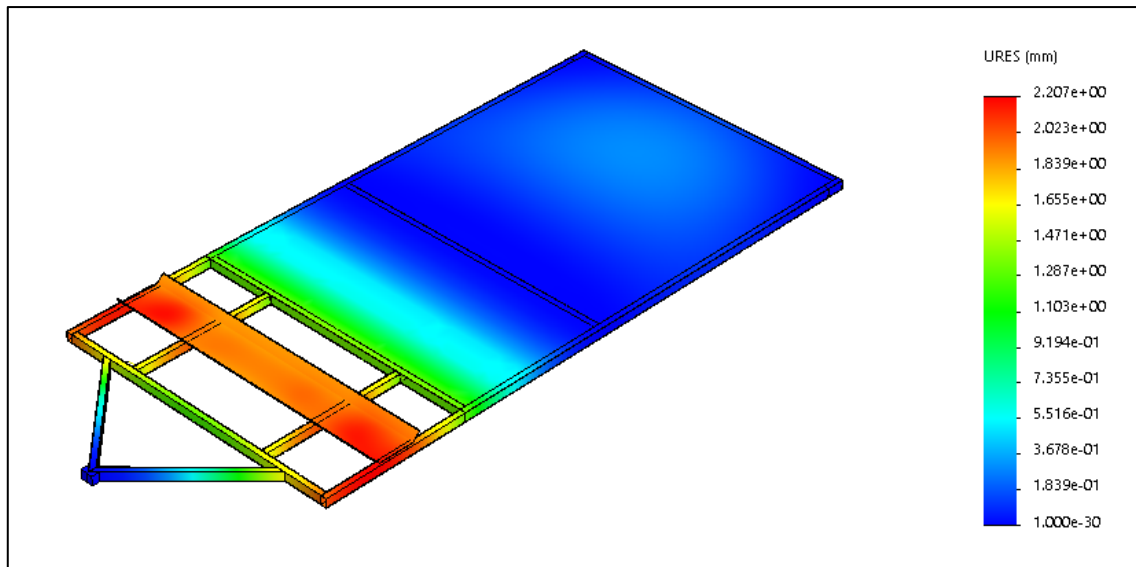


Figura 80. Imagen del resultado del desplazamiento de la situación 1 con la escala real.

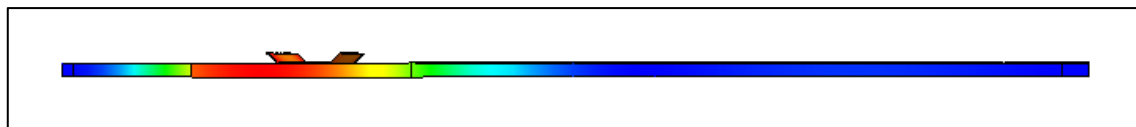


Figura 81. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 1 con la escala real.

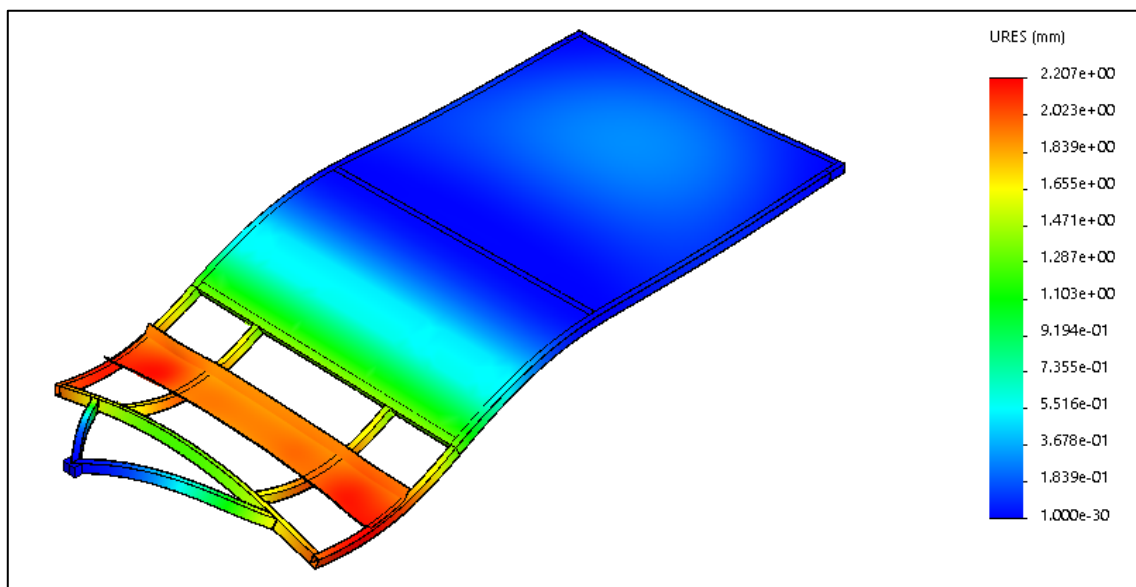


Figura 82. Imagen del resultado del desplazamiento de la situación 1 con la escala de 211.487.

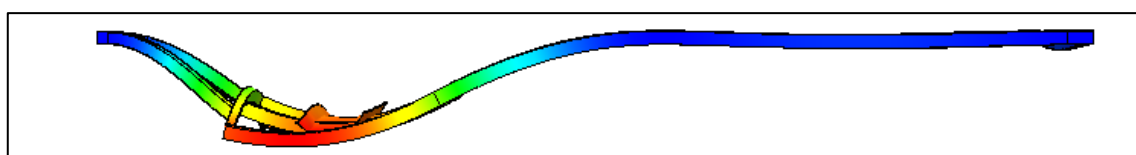


Figura 83. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 1 con la escala de 211.487.

Una vez obtenidos los resultados de los desplazamientos, se puede confirmar que el remolque es seguro. Tal y como pasaba con el estudio de las tensiones de von Mises, SolidWorks utiliza una escala superior para obtener una vista crítica a simple vista. Fijándose en el conjunto de figuras, se observa que el punto donde el diseño simplificado del remolque sufre mayor desviación es la guía para motocicletas.

A continuación, se realiza el estudio de la situación 2; aunque a diferencia de la situación 1, ahora el remolque solo se apoya en 3 puntos, se presupone que los resultados serán similares a la situación 1.

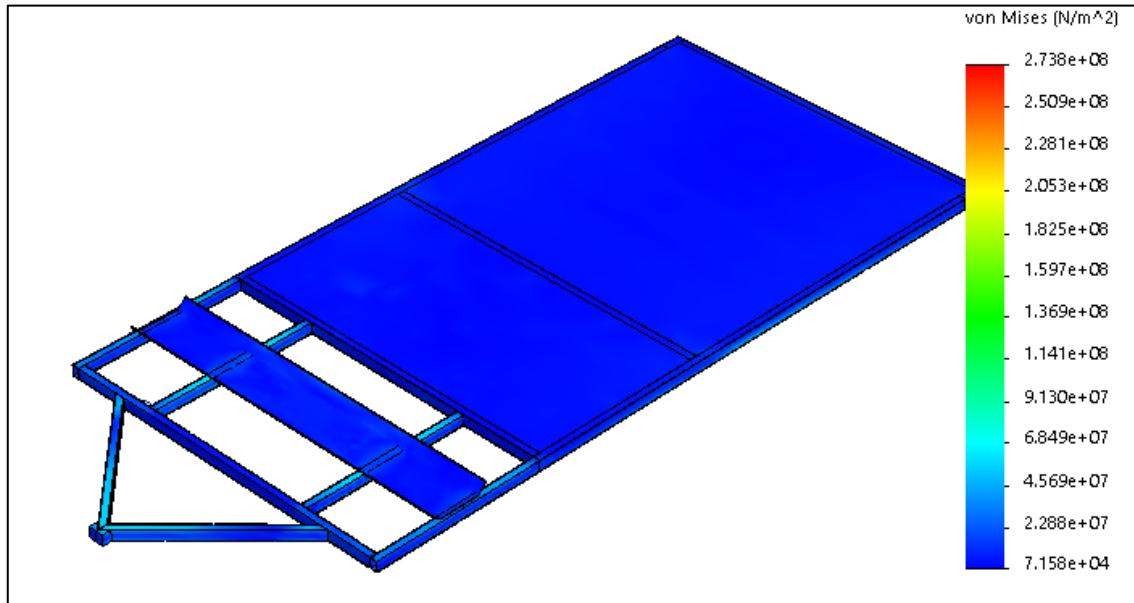


Figura 84. Imagen del resultado de la tensión de von Mises de la situación 2 con la escala real.

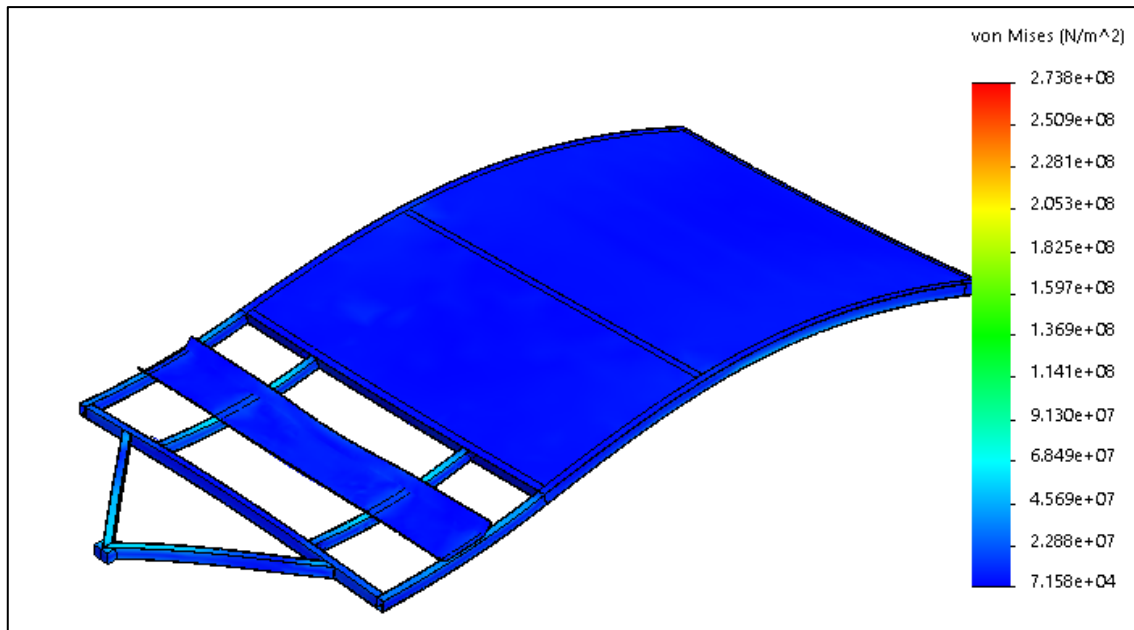


Figura 85. Imagen del resultado de la tensión de von Mises de la situación 2 con una escala de 46.8024.

El resultado en ambas situaciones es prácticamente el mismo, en ambas situaciones el remolque no sufre ninguna deformación importante. Aunque hay diferencias insignificantes, las principales disparidades son:

- La guía para motocicletas no sufre tanta deformación debido a la diferencia entre los puntos de apoyo del enganche. Mientras que en la primera situación la rueda Jockey soportaba el peso de la motocicleta en dirección opuesta a la carga, en la segunda situación el enganche soporta el peso en dirección perpendicular. Esto reduce el estrés sufrido por la guía de la motocicleta, reflejándose en menor deformación.
- La otra disparidad se produce en la parte posterior del chasis del remolque. Esta zona, a diferencia de la primera situación, no tiene el soporte de las patas extensibles. Produciendo que en esta zona haya mayor deformación que en la situación 1.

A continuación, tal como se hace con la situación 1, se estudiara de los desplazamientos sufridos por el chasis del remolque.

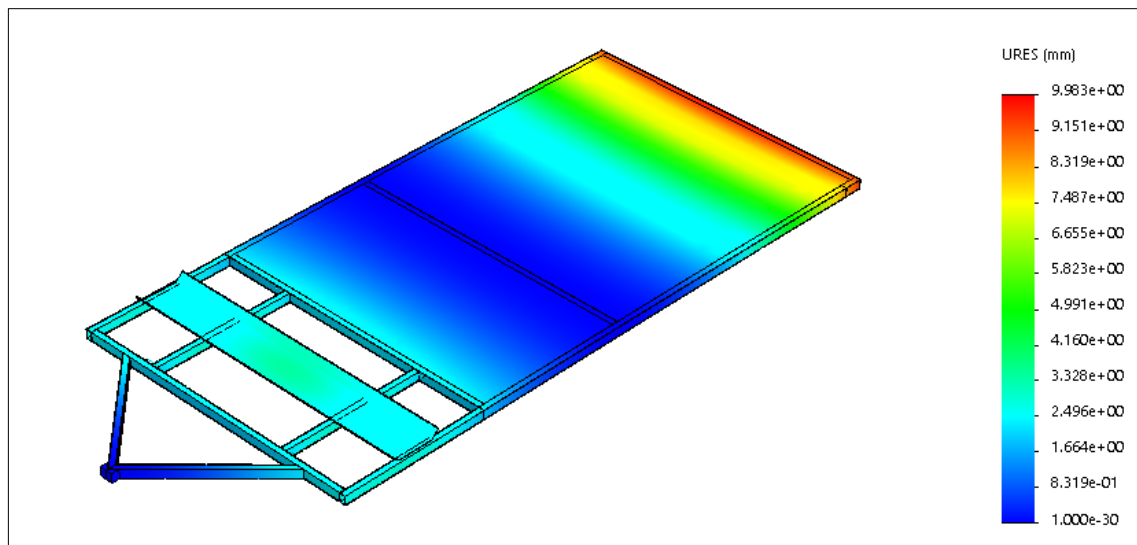


Figura 86. Imagen del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala real.



Figura 87. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala real.

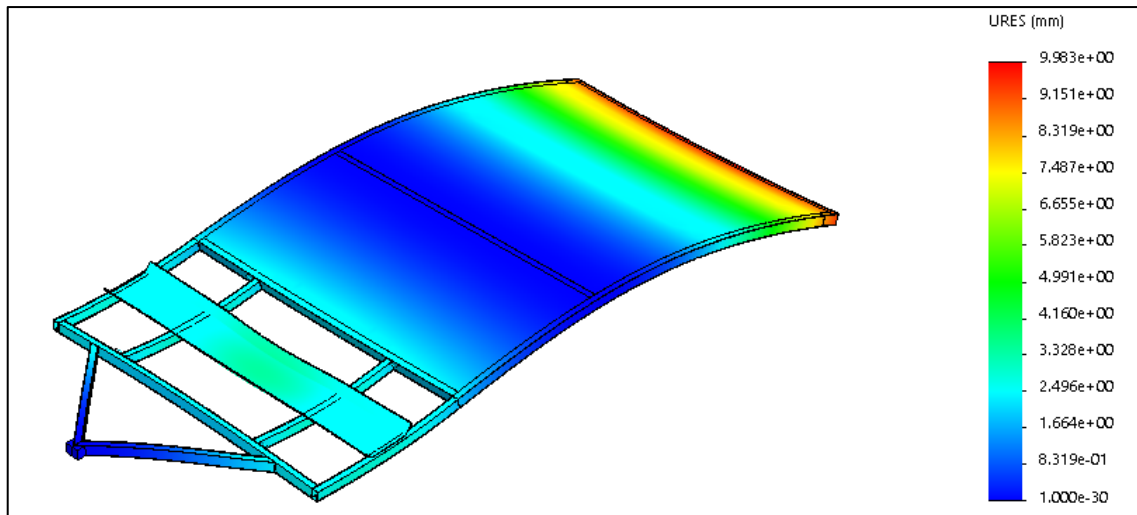


Figura 88. Imagen del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala de 46.8024.

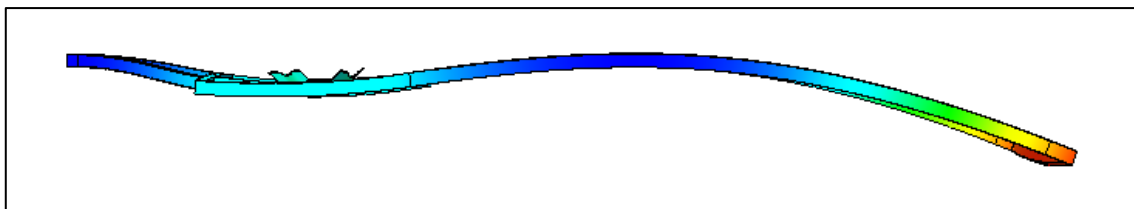


Figura 89. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala de 46.8024.

En la Figura 87. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento de la situación 2 con la escala real. Se observa una pequeña desviación en la parte posterior del chasis del remolque. Aunque es mínima y no supere el límite elástico del material, se tiene que tener en cuenta esta zona para reforzar en futuras líneas. Aun así, esto no es algo que influya en la seguridad del remolque, debido a que la carga que se aplica es en un caso extremo (no se podría circular con la carga aplicada).

Después de estudiar todos los resultados que ofrece el complemento Simulation de SolidWorks, se puede afirmar que el remolque es seguro y puede ser cargado hasta el máximo que permite la normativa. Por lo tanto, no es necesario ningún cambio en el diseño final.

Notación: Si un material supera su límite elástico, el componente después de soportar las cargas aplicadas no volverá a su forma original.

6.4 Frenada máxima

En esta sección se estudiará el caso en el que el remolque sufre una frenada máxima cuando transporta una carga máxima. Esta simulación es importante para garantizar la seguridad del usuario. Para este apartado se utilizarán las mismas cargas aplicadas que en el apartado Fuerzas simuladas.

Mientras que en el apartado anterior mencionado se tenían en cuenta dos situaciones, en este caso sólo se estudiará la situación; cuando el remolque está siendo cargado. Sin embargo en este caso el remolque se apoya solamente en las dos ruedas con las que se circula, ya que al sufrir una frenada máxima el enganche no es una parte fija.

Notación: En este apartado no se estudia el posible efecto de una frenada máxima en el interior del remolque y por tanto los efectos en el mobiliario. Este aspecto no se puede estudiar debido a que no se tienen en cuenta los temas de soldadura y tornillería durante el Trabajo Final de Grado.

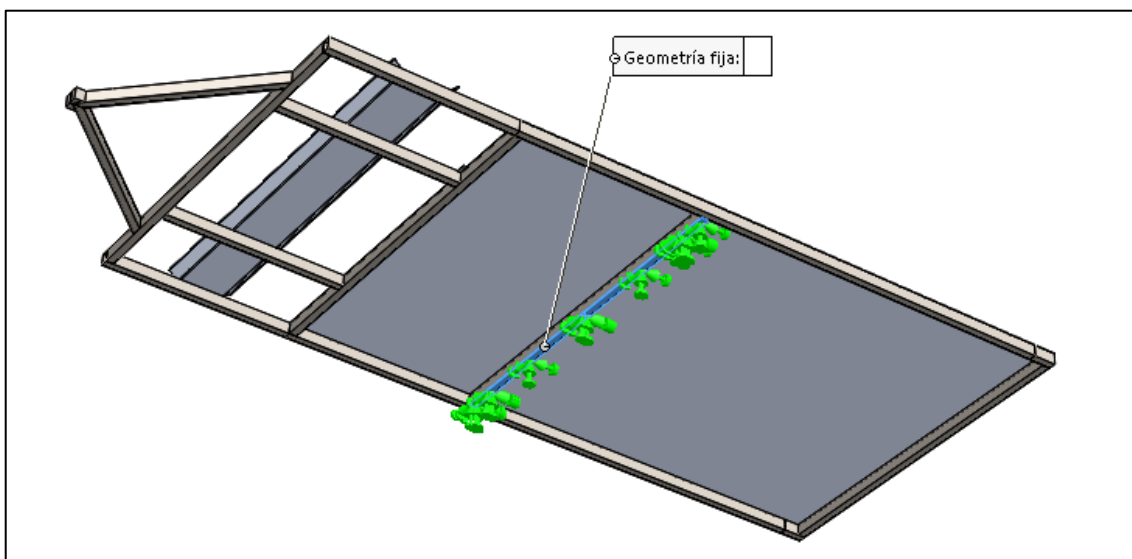


Figura 90. Imagen de la situación descrita con los respectivos puntos de apoyo.

Para simular la frenada máxima, se tiene que calcular la fuerza necesaria para parar el remolque a carga máxima. Para ello se utiliza la ecuación de movimiento rectilíneo uniformemente acelerado – M.R.U.A – escrita a continuación (4), donde: v significa velocidad final [m/s], v_0 significa velocidad inicial [m/s], a significa aceleración [m/s²] y t significa tiempo [s].

$$v = v_0 + a * t \quad (4)$$

La situación a tener en cuenta será la desaceleración del remolque de una velocidad inicial de 120 km/h (aproximadamente 33,33 m/s) a una velocidad final de 0 km/h, durante un tiempo aproximado de 5 segundos (tiempo medio establecido).

$$0 = 33,33 + a * 5$$

Por lo tanto la desaceleración necesaria para completar esta maniobra es de -6.666 m/s², por lo tanto si el remolque tiene un peso total, a carga máxima, de 750 kg se necesita una fuerza de 5000 N en dirección contraria a la que circula el remolque.

Así como se ve en la figura siguiente, se aplica una fuerza de 5000 N en dirección opuesta a la de circulación. A parte, el remolque sigue con las fuerzas explicadas en el apartado 6.3. El total de fuerzas a simular se ven reflejadas en la siguiente figura.

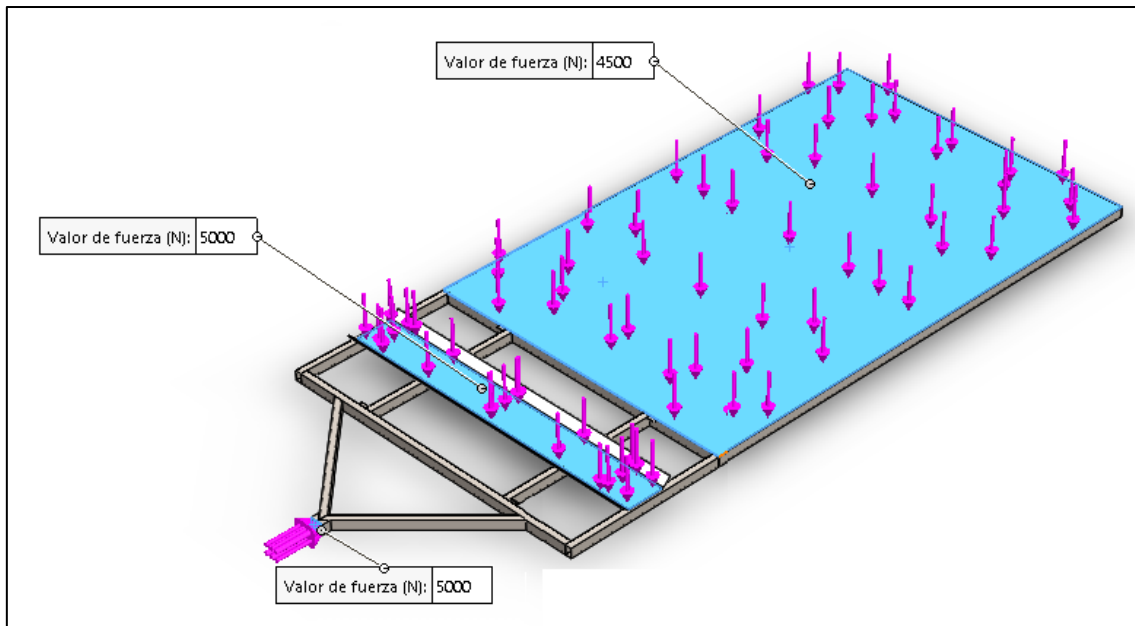


Figura 91. Imagen del conjunto total de fuerzas a simular.

Tal como pasaba en el apartado 6.3, en esta simulación es realizado el estudio de la tensión de von Mises y de los desplazamientos sufridos por el diseño simplificado del remolque. A continuación se puede ver la solución a la tensión de von Mises en dos escalas diferentes.

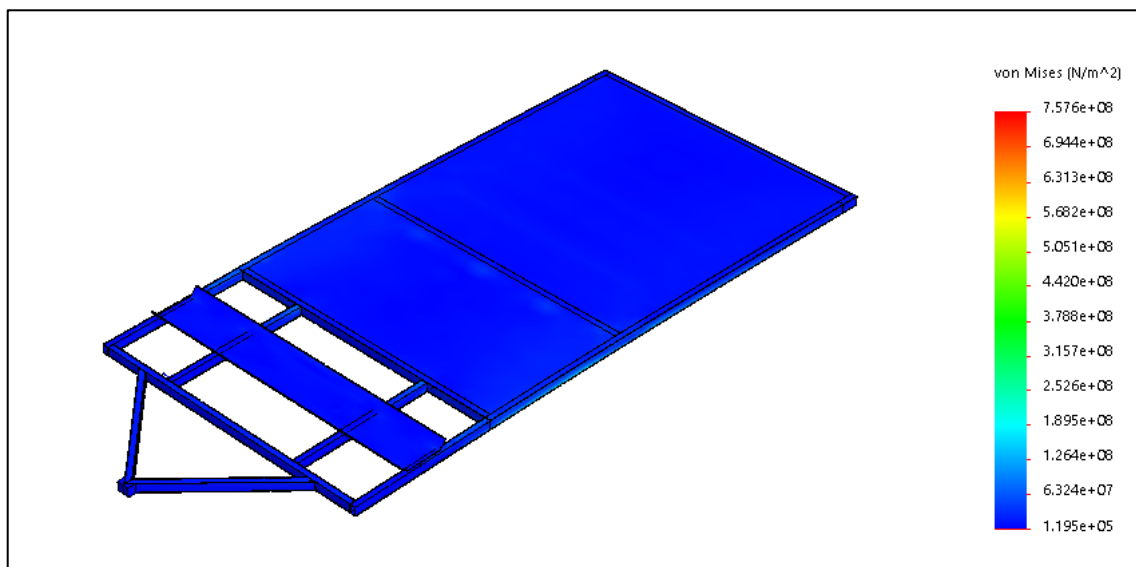


Figura 92. Imagen de la tensión de von Mises con la escala real.

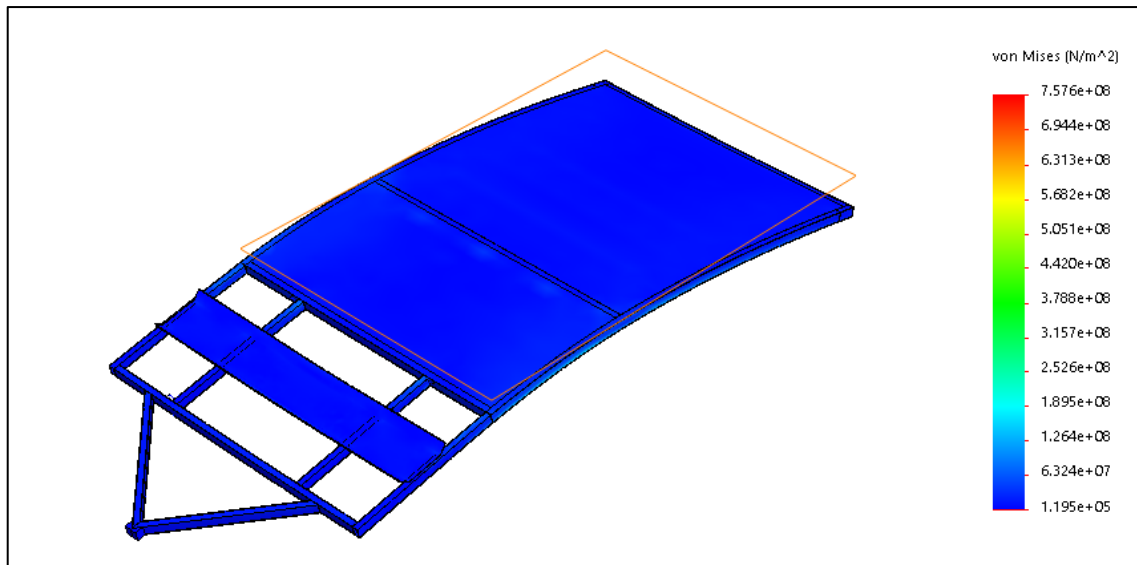


Figura 93. Imagen de la tensión de von Mises con un escala de 10.3839.

Al igual que pasaba en el estudio de [Fuerzas simuladas](#), el remolque no sufre daños pertinentes en el chasis durante una frenada máxima. Aunque el chasis soportarse adecuadamente las cargas verticales, este responde incluso mejor cuando sufre una carga horizontal. A continuación, al igual que en el apartado anterior, es realizado el estudio del desplazamiento total del remolque utilizando también dos escalas.

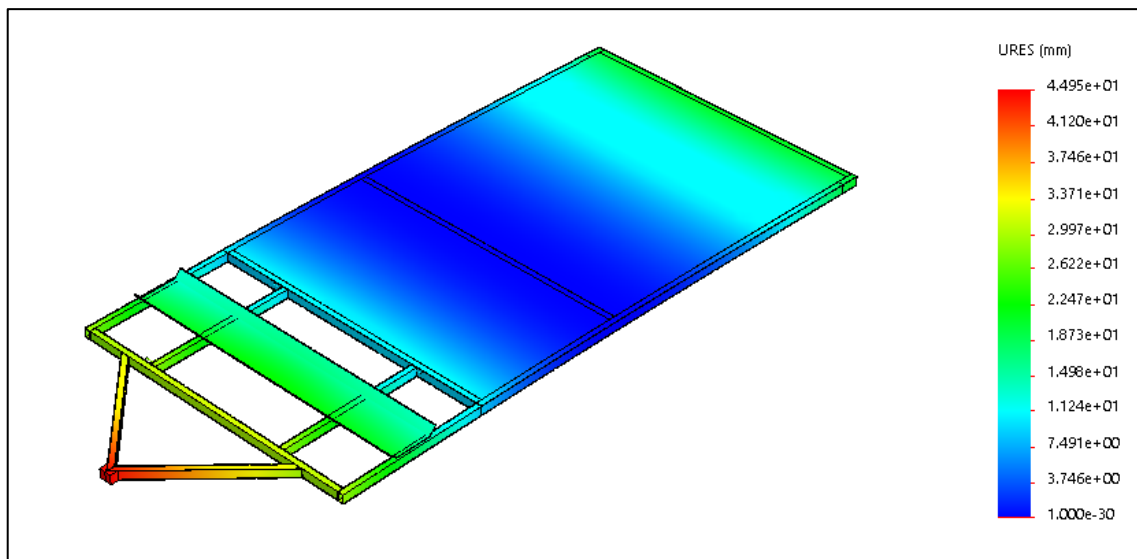


Figura 94. Imagen del resultado del desplazamiento con la escala real.

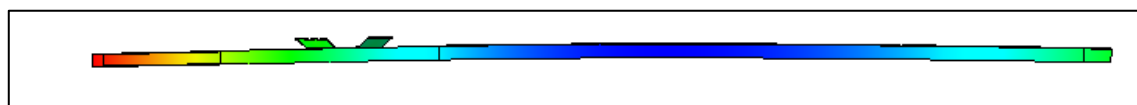


Figura 95. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento con la escala real.

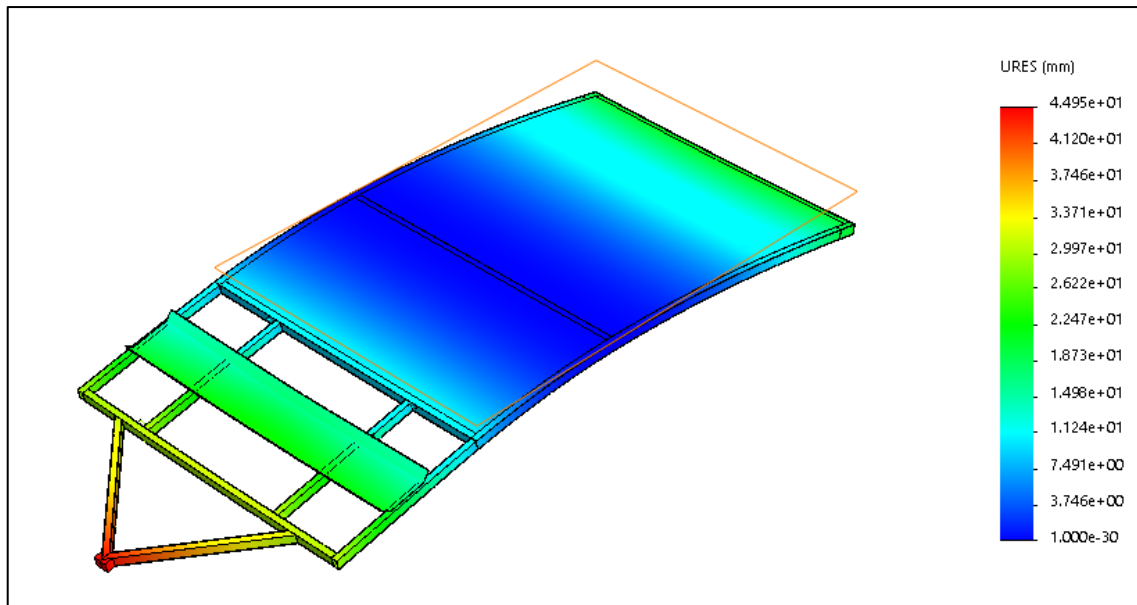


Figura 96. Imagen del resultado del desplazamiento con la escala de 10.3839.

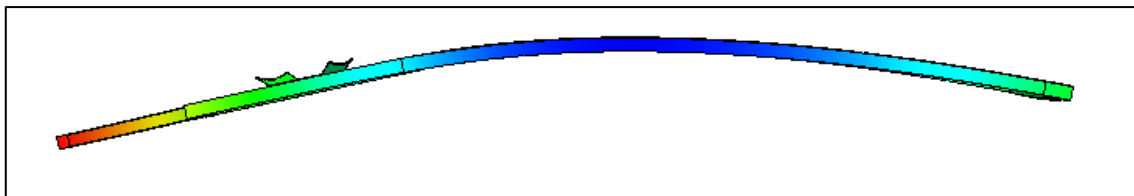


Figura 97. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento con la escala de 10.3839.

A continuación se realiza unas breves conclusiones sobre los resultados obtenidos, en este caso si hay una variación con el apartado [Fuerzas simuladas](#).

Aunque anteriormente se haya comentado que el chasis reacciona positivamente a cargas horizontales; la zona de la lanza del remolque sufre mayor desviación después de producirse una frenada máxima. Aun así no es nada preocupante, porque tal y como se ve reflejado en las figuras relacionadas con las tensiones de von Mises, esta zona no supera el límite elástico del material.

Por otro lado, la zona posterior del remolque sufre mayor desviación que en comparación al apartado anterior, aunque en las figuras no lo parezca por la escala que ofrece el programa. Así como se dijo en los resultados del apartado anterior, esta zona del remolque puede ser mejorada en líneas futuras.

Para concluir, en esta simulación se obtiene un resultado positivo, ya que en caso de una frenada máxima el remolque no perjudica la seguridad del usuario. También mencionar que el caso es extremo y está prohibido, tanto por la normativa impuesta por Dirección General de Tráfico (circula a una velocidad superior a la permitida) como por la normativa del Reglamento General de Vehículos (el remolque lleva una carga que sobrepasa los 750 kg). Por lo tanto, se estima que con un uso normal, el remolque no sufriría daño alguno producido por una frenada máxima.

6.5 Resalto

En este apartado se estudiará el paso del remolque por encima de un resalto, circunstancia muy cotidiana en cualquier vía de circulación. Al igual que en los apartados anteriores, en esta situación el remolque también circula a plena carga. Sin embrago el remolque durante la simulación solo tendrá como punto fijo el enganche, debido a que el eje sufre una fuerza perpendicular y por lo tanto sea zona es movable.

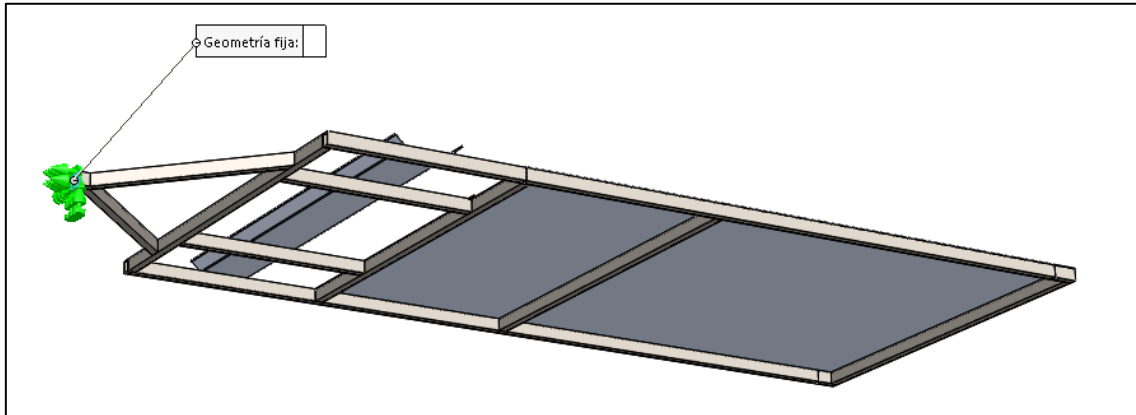


Figura 98. Imagen de la situación descrita con los respectivos puntos de apoyo.

Antes de empezar con la simulación, se debe obtener la fuerza que produce la circulación por encima de un resalto. Para ello primero es utilizada la segunda ley de Newton (5). Descrita a continuación; donde F significa fuerza [N], m significa masa del objeto [kg] y a significa aceleración [m/s^2].

$$F = m * a \quad (5)$$

Para estudiar el resultado de circular sobre un resalto, se tendrá en cuenta solamente el eje Y. Por lo tanto, si la masa del remolque es de 750 kg y, como solo se tiene en cuenta el eje Y, la aceleración es la propia aceleración de la gravedad de $9.81 m/s^2$. Por lo tanto, al circular por encima de un resalto se produce una fuerza vertical de 7357.5 N. Esta última carga es opuesta a la carga del peso del remolque, y se produce en el eje del remolque, tal y como se puede ver en la figura a continuación.

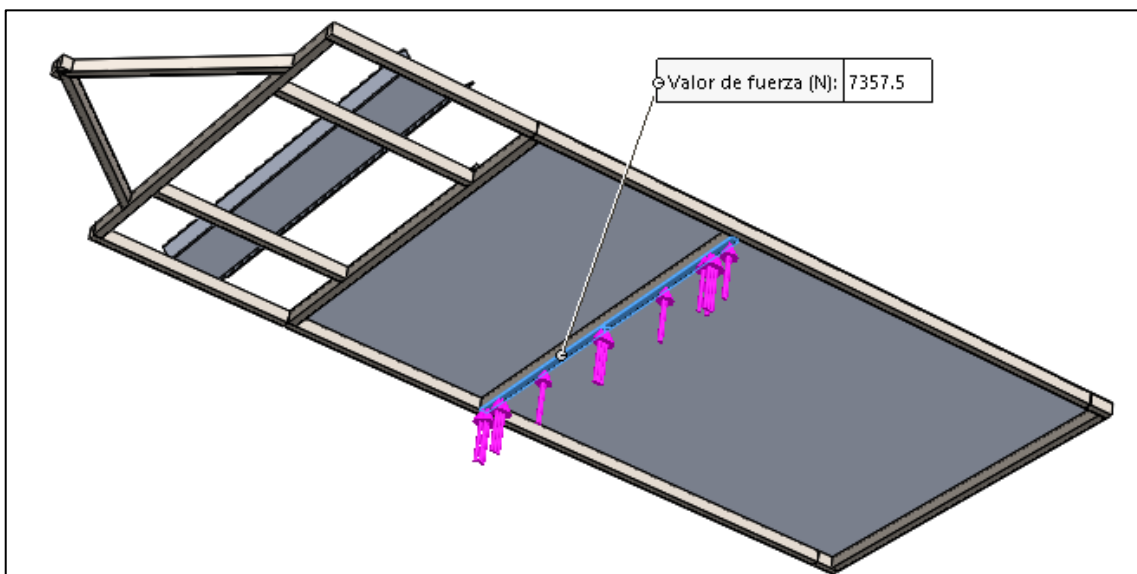


Figura 99. Imagen de la fuerza simulada añadida a la carga total del remolque.

Tal como se realizó en los anteriores apartados, se estudiarán la tensión de von Mises y los desplazamientos sufridos por el remolque en esta nueva situación.

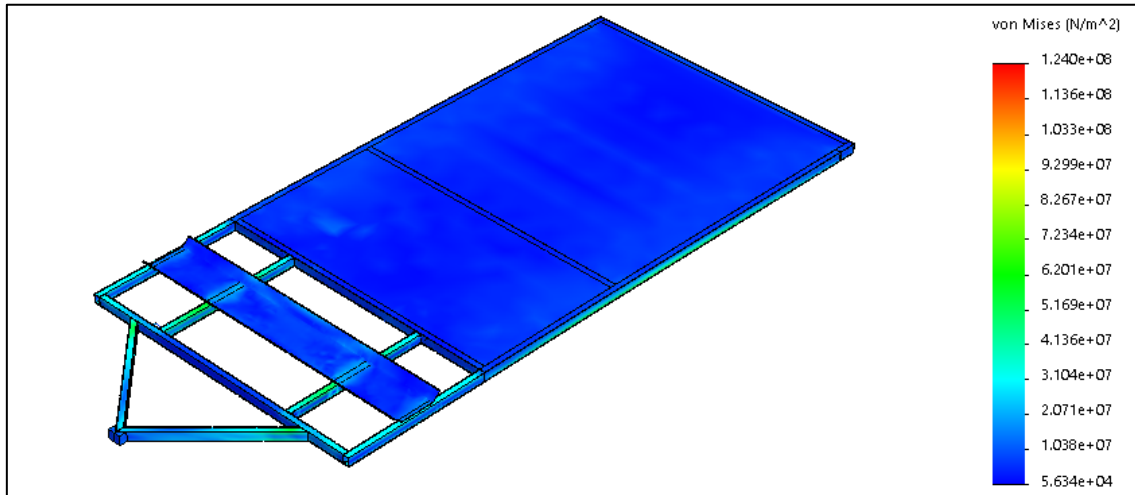


Figura 100. Imagen de la tensión de von Mises con la escala real.

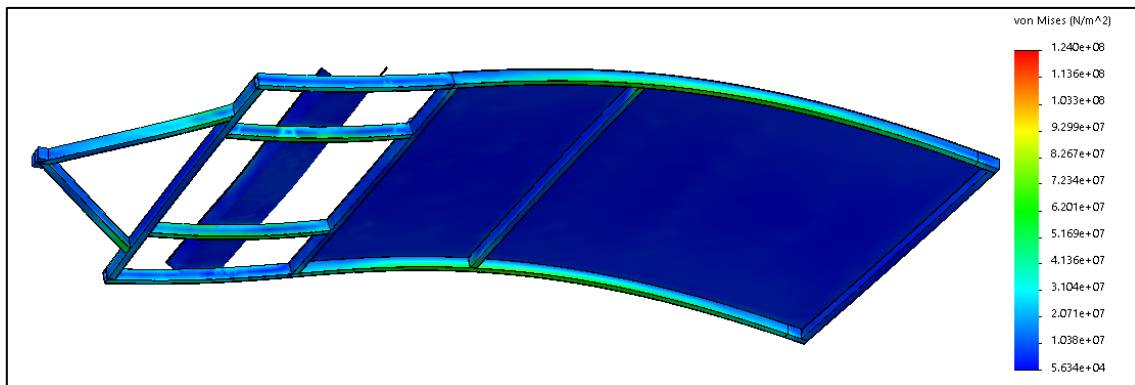


Figura 101. Imagen de la tensión de von Mises con un escala de 27.7967.

Tal y como pasaba en las anteriores simulaciones, el chasis se comporta adecuadamente a las cargas simuladas esta vez. A diferencia de las anteriores simulaciones, esta muestra que sufre ligeramente en las uniones de la barra que sujeta el eje con las demás uniones. Sin embargo, al igual que en todas las simulaciones, esta no supera el límite elástico y por lo tanto no significa perjudicial para el remolque.

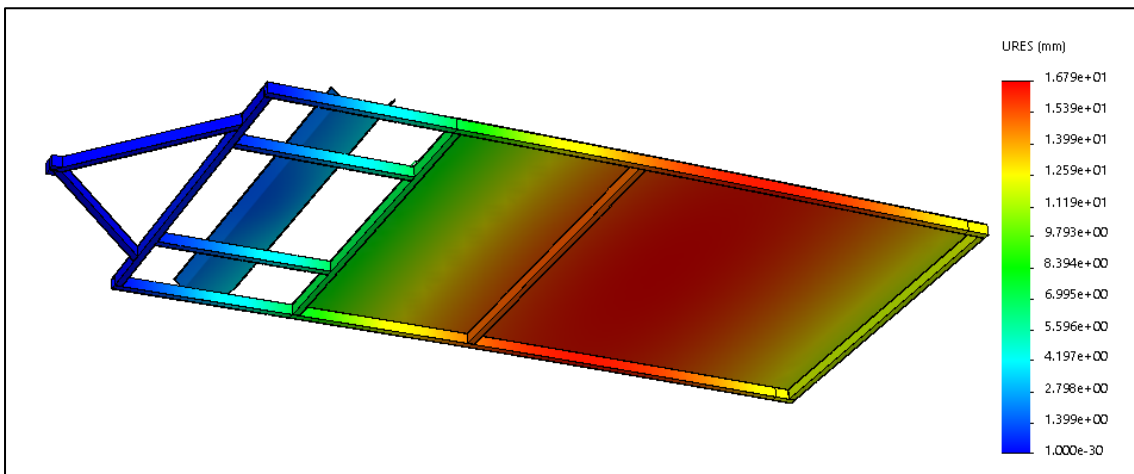


Figura 102. Imagen del resultado del desplazamiento con la escala real.

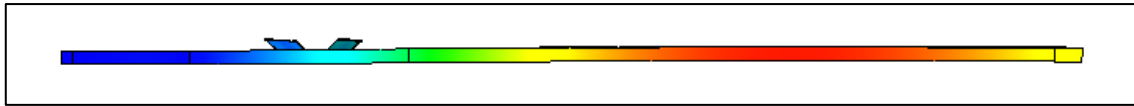


Figura 103. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento con la escala real.

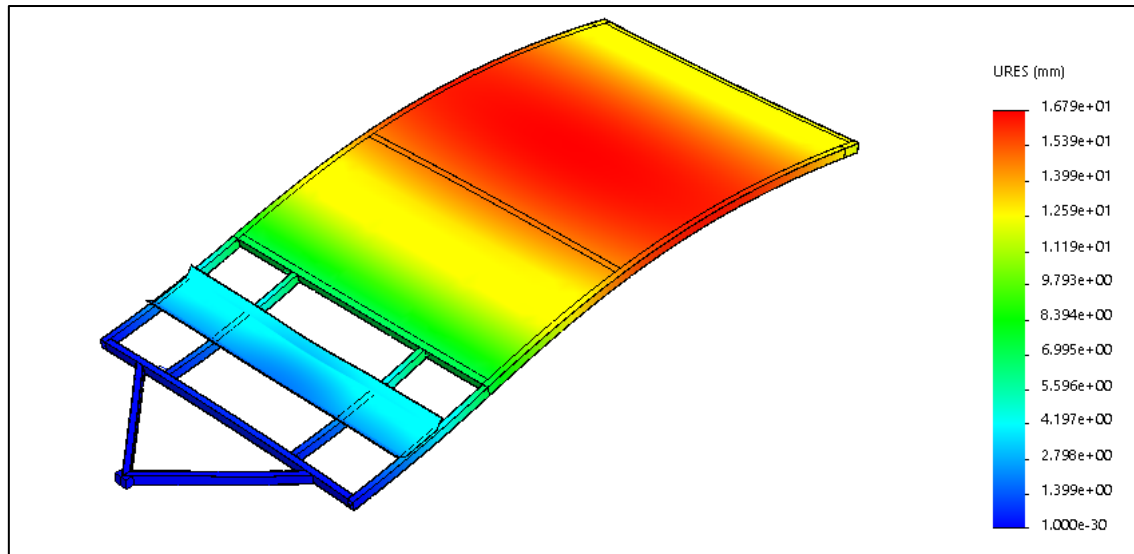


Figura 104. Imagen del resultado del desplazamiento con la escala de 27.7967.

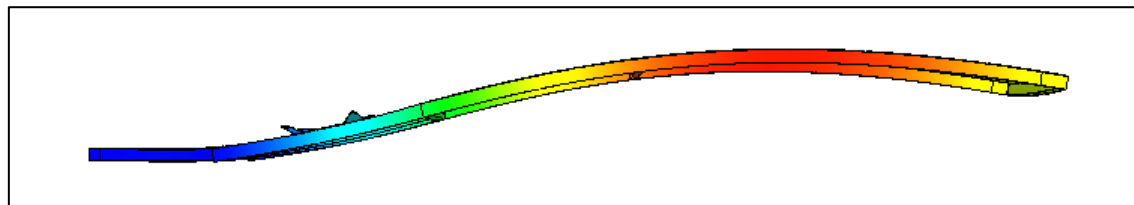


Figura 105. Imagen de la vista lateral del resultado del desplazamiento con la escala de 27.7967.

Durante la simulación de un resalto, se observa como el mayor desplazamiento se produce en la zona del chasis y el suelo, donde se sitúa la estructura superior del remolque. Tal como pasaba con las demás simulaciones, esto no afecta a la seguridad del remolque, y por lo tanto la del usuario.

La zona con menor desplazamiento es la lanza del remolque, esta sufre un desplazamiento similar a la simulación Fuerzas simuladas. Mientras que la zona de la guía para la motocicleta también sufre un desplazamiento similar a la simulación anteriormente mencionada. Por lo tanto, se puede afirmar que las consecuencias producidas por un resalto no afectan a estas dos zonas.

Esta simulación representa los efectos que surgen al transitar por encima de un resalto, cuando el remolque va a carga máxima. Por lo tanto, cuanto menor sea la carga que transporte el remolque, menores serán los efectos producidos por circular por encima de un resalto.

Tal y como se comenta en el anterior apartado, este caso es extremo y está prohibido por la normativa impuesta por el Reglamento General de Vehículos.

6.6 Aerodinámica

En este trabajo se estudia el comportamiento aerodinámico del remolque diseñado, pero anteriormente se debería entender porque la aerodinámica de un vehículo es un aspecto muy importante a tener en cuenta.

Según la Real Academia Española, aerodinámica significa: *Rama de la mecánica de fluidos que estudia el movimiento del aire y otros gases, y su interacción con los cuerpos que se mueven en ellos.*

Para entender porque es tan importante la aerodinámica en el mundo de la automoción, primero se debe conocer que sucede cuando se está circulando. Durante la circulación se genera una resistencia aerodinámica debido a la necesidad de atravesar un volumen de aire. Este aire es trasladado de la parte frontal del vehículo a la parte posterior, generando un efecto de succión. Este fenómeno se desarrolla mediante la siguiente ecuación (6):

$$\text{Resistencia aerodinámica} = \frac{1}{2} * d * S * C_x * v^2 \quad (6)$$

Donde d es la densidad del aire [kg/m^3], S es la superficie frontal [m^2], C_x es el coeficiente aerodinámico y v es la velocidad a la que se circula [m/s].

Como se puede ver en la ecuación escrita anteriormente, todas las componentes están relacionadas proporcionalmente a la resistencia aerodinámica. Por lo tanto, a mayor sea cualquier de estos componentes mayor será la resistencia, por ejemplo: si un vehículo circula a 120 km/h necesitará más potencia del motor para poder superar la resistencia aerodinámica en comparación a si estuviera circulando a 100 km/h.

Concluyendo, cuanto menor sea la resistencia aerodinámica de cualquier vehículo mayor serán los beneficios, tales como:

- Menor consumo de combustible.
- Mayor velocidad final.
- Menor esfuerzo del motor.
- Mayor estabilidad del vehículo.
- Menor desgaste mecánico de diferentes componentes (suspensión, frenos, etc.).

En la actualidad, los túneles de viento son los encargados de ayudar en el estudio de la resistencia aerodinámica que genera un vehículo. Estas máquinas impulsan aire a un sólido estático para simular los efectos que tendría el vehículo.

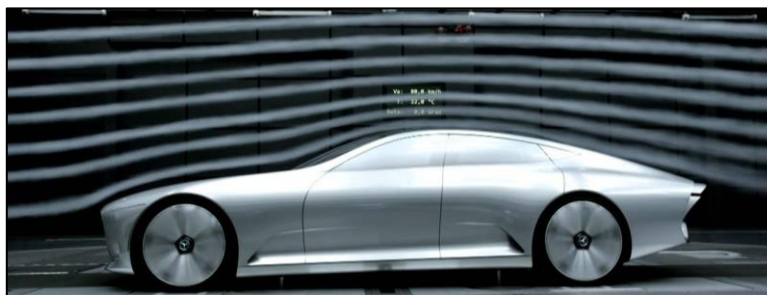


Figura 106. Imagen de un túnel de viento.

6.6.1 Resultados

En esta sección se explicará del comportamiento aerodinámico del remolque. Para entender este comportamiento, primero se realizarán diferentes simulaciones enfocadas en el estudio de la distribución de la trayectoria del flujo del aire. Para ello se distinguirán dos situaciones:

- Cuando el conjunto (vehículo tractor y remolque) circula a 90 km/h, límite establecido por Dirección General de Tráfico para automóviles con remolque de hasta 750 kg en autopistas y autovías.
- Cuando el conjunto circula 120 km/h, límite establecido por Dirección General de Tráfico para turismos en autopistas y autovías.

Tal y como se explica anteriormente en el apartado 6.2, se utiliza el complemento de SolidWorks: Flow Simulation. Una vez realizadas las simulaciones necesarias, es estudiado en concreto el comportamiento de la velocidad.

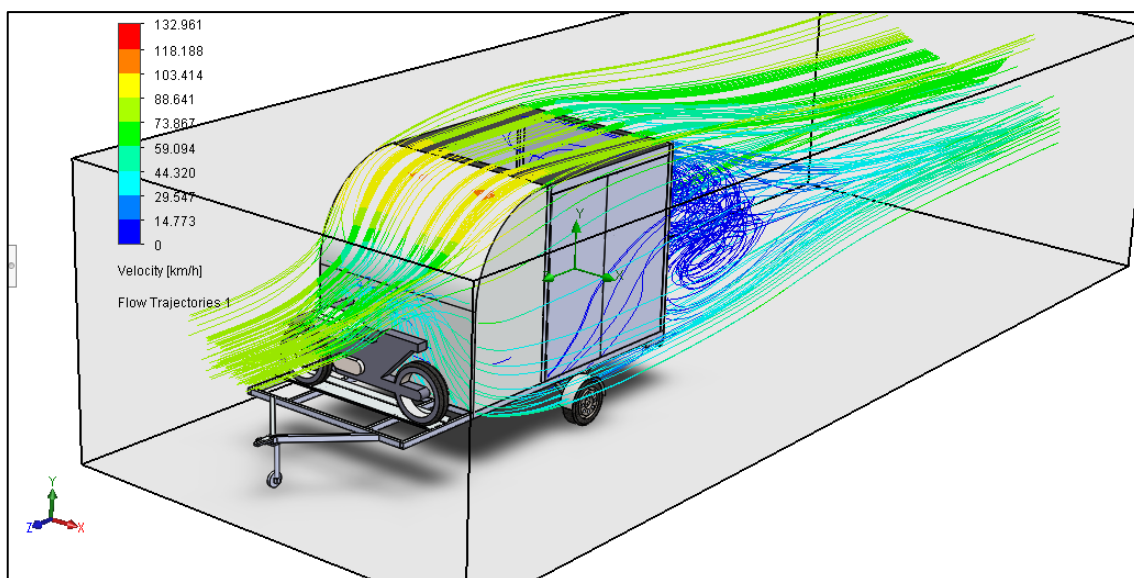


Figura 107. Imagen del comportamiento del flujo del aire a una velocidad de 90 km/h.

En la Figura 107. Imagen del comportamiento del flujo del aire a una velocidad de 90 km/h., se puede ver la trayectoria del flujo del aire en la primera situación, cuando la velocidad del conjunto es de 90 km/h en el eje Z (tal y como se ve en la leyenda de la figura). A partir de esta simulación se concluye la siguiente información:

- La velocidad de 90 km/h es representada por el color verde claro, esta se ve claramente en el principio de la simulación.
- El aire acelera hasta obtener una velocidad máxima de 133 km/h, esta es representada en la figura por el color rojo. Esta velocidad máxima se obtiene en la parte superior del morro del remolque, debido a que el diseño del remolque favorece esta aceleración del aire. Sin embargo en esta zona del remolque, mayormente hay una velocidad media de aproximadamente 103 km/h, representada por el color amarillo.

- Mientras que en la parte inferior del morro se desarrolla una velocidad menor aproximada de 44 km/h, esta es distinguida por el color azul claro. Dando a entender que esa zona del remolque se desarrolla la mayor desaceleración. Provocando que al vehículo tractor le cueste más potencia cargar con el remolque.
- También se observa que el reparto de aire acelerado y aire desacelerado es en mayor medida equivalente. Por lo tanto, la potencia requerida por el vehículo tractor no se verá mayormente afectada por el diseño del remolque.
- Un aspecto importante que también se tiene que tener en cuenta, es el aire generado detrás del remolque. Como se ve en la figura a continuación, inmediatamente después del remolque se producen unas turbulencias, aquí es donde se genera la velocidad mínima representada por el color azul oscuro.

Una vez superada esta zona de turbulencias, las líneas que continúan paralelas a la dirección en la que se circula. Significando que el aire posterior al remolque es “aire limpio”, aire que tiene la misma distribución de flujo tal y como si no hubiera delante un remolque.

Aunque el remolque genere turbulencias que pueden hacer peligrar la seguridad de los vehículos que circulen a continuación, esta zona peligrosa solo ocupa unos 3 metros aproximadamente. Por lo tanto, siempre que el vehículo a continuación se mantenga a la distancia de frenado de seguridad (en seco unos 57 metros y en mojado unos 89 m), este no sufrirá ningún peligro provocado por el remolque.

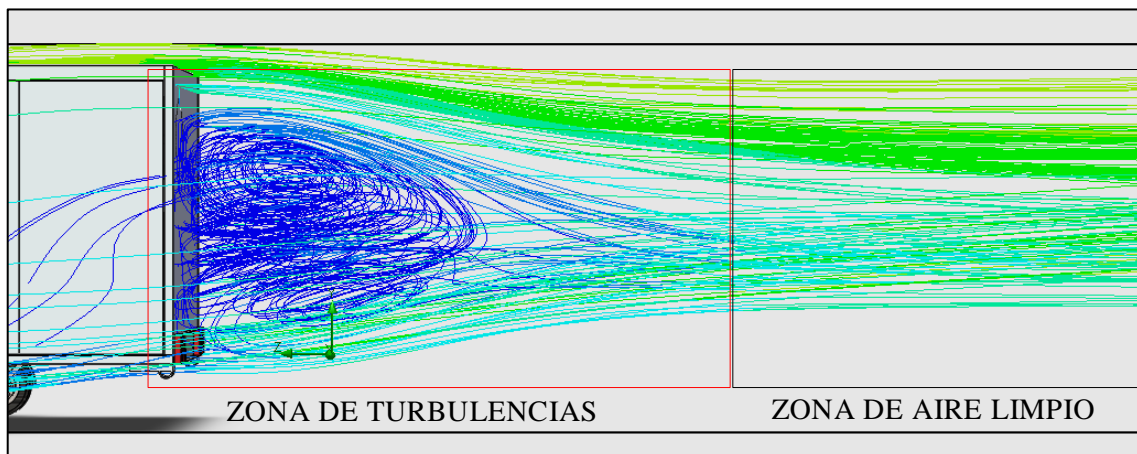


Figura 108. Imagen de las turbulencias generadas a una velocidad de 90 km/h.

A continuación son observados los efectos producidos en el remolque cuando el conjunto circula en la segunda situación. Esta segunda situación es estudiada para ver el efecto que tiene llevar el remolque a una velocidad superior a la estipulada por Dirección General de Tráfico.

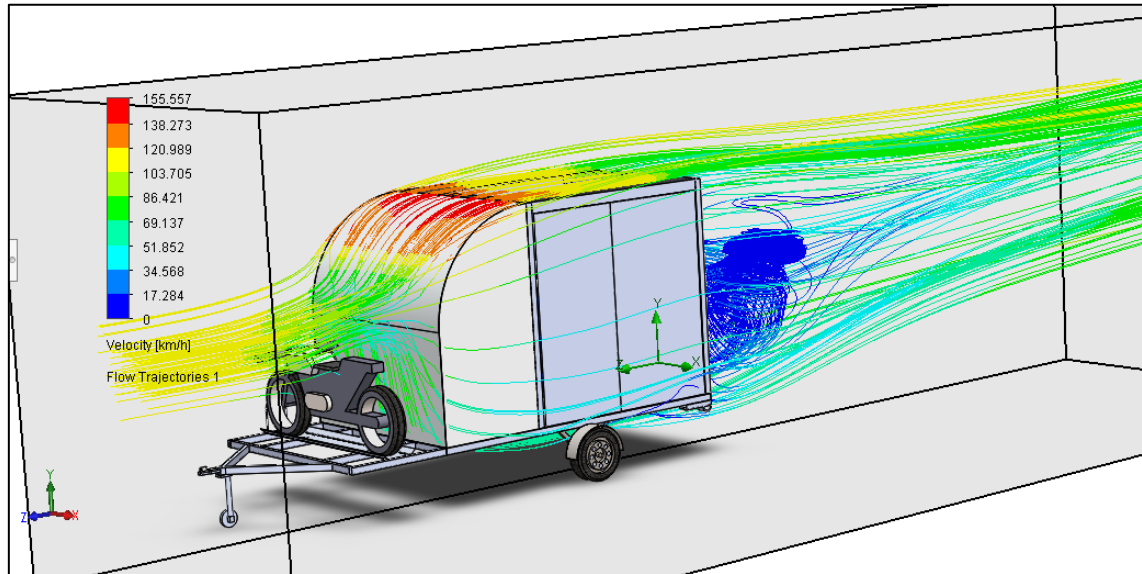


Figura 109. Imagen del comportamiento del flujo del aire a una velocidad de 120 km/h.

En la anterior figura se puede observar cómo evoluciona el flujo del aire a una velocidad de 120 km/h. El flujo del aire tiene los mismos síntomas que en la anterior situación, cuando la velocidad del conjunto era de 90 km/h, solo que en este caso tienen un impacto mayor.

Mientras que aunque la velocidad máxima sufre un incremento, en realidad en ambas situaciones sufren una aceleración similar. Sin embargo, la velocidad en la parte inferior del morro del remolque es aproximadamente la misma en las dos situaciones, provocando que la desaceleración que se produce es mayor en esta segunda situación.

Esto influye en el equilibrio, entre la aceleración y la desaceleración del viento, no sea equivalente, incrementando la potencia requerida por el vehículo tractor para poder cargar con el remolque.

A continuación se realiza una comparativa entre la primera evolución y la final, ambas explicadas en el apartado 5.2. En este caso es enfocado el estudio en la velocidad del aire en el eje de coordenadas Z, observando el remolque desde un lateral.

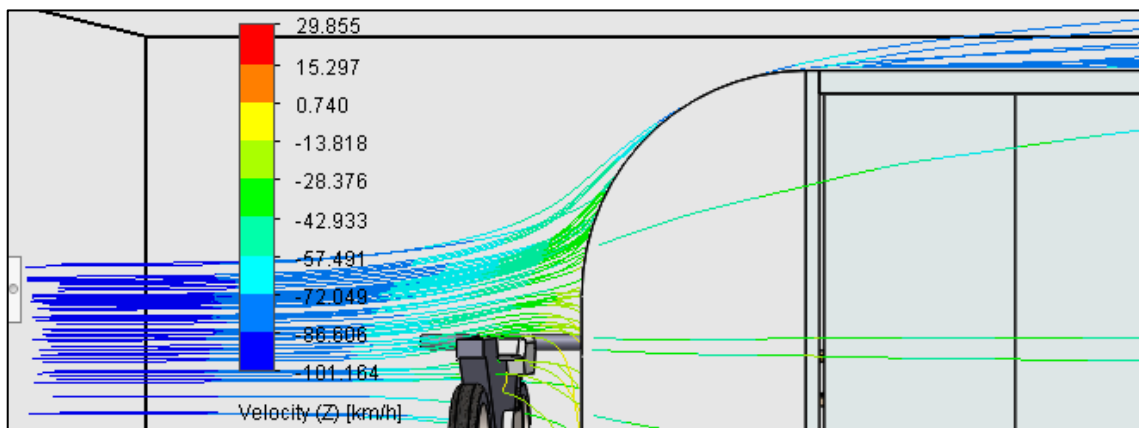


Figura 110. Imagen de la vista lateral de la evolución final en la situación 1.

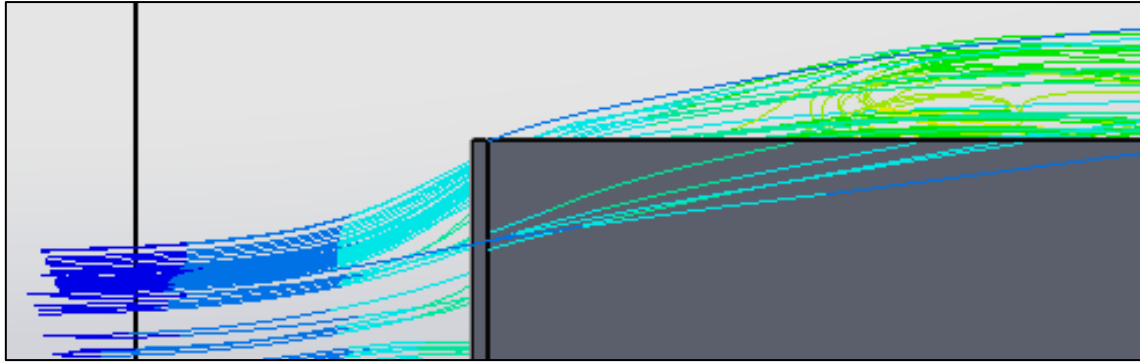


Figura 111. Imagen de la vista lateral de la primera evolución en la situación 2.

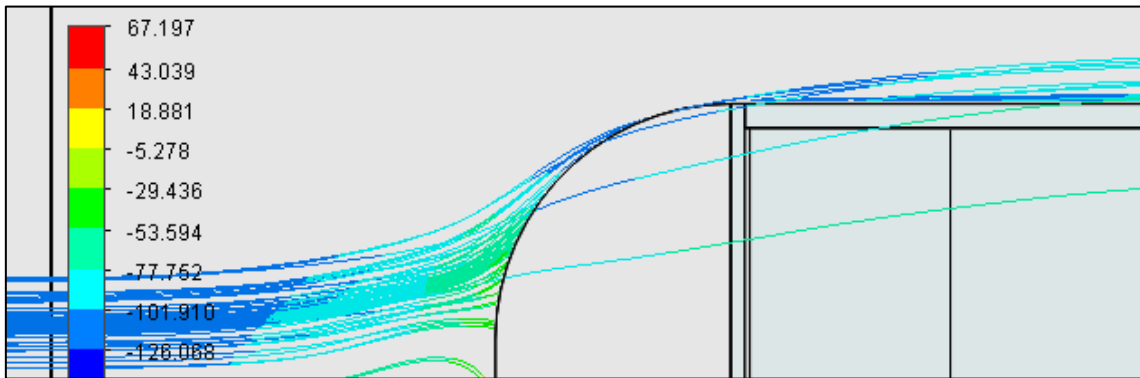


Figura 112. Imagen de la vista lateral de la evolución final en la situación 2.

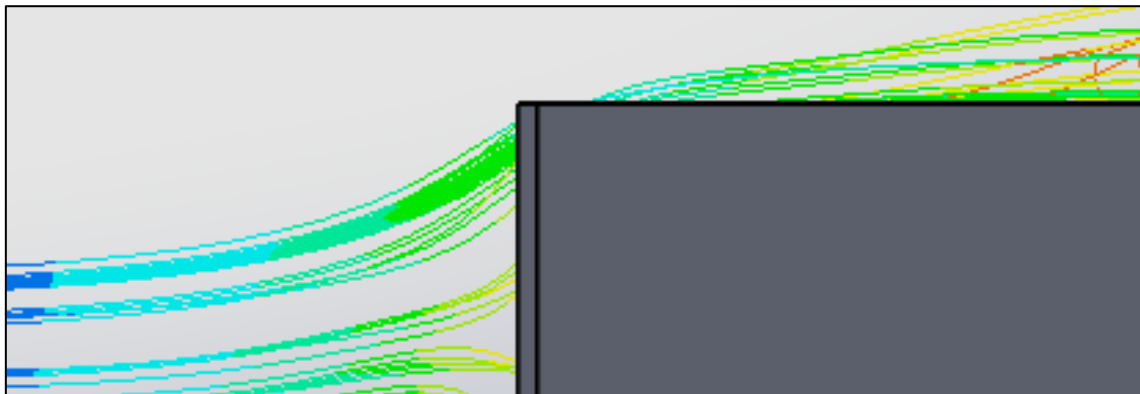


Figura 113. Imagen de la vista lateral de la primera evolución en la situación 1.

En esta comparativa al estar estudiando la velocidad en el eje Z, los colores invierten su significado (Azul oscuro – velocidad más alta, Rojo – velocidad más baja).

Como se puede observar en las figuras relacionadas con la primera evolución, la velocidad después de superar el vértice superior del morro es desacelerada en la situación 1 y equivalente a la velocidad de entrada en la situación 2. Mientras que en las figuras relacionadas con la evolución final, se distingue como en el vértice superior se consigue en ambos casos una aceleración de la velocidad del aire.

Aunque con el diseño original, el remolque podría circular sin ningún tipo de problema, esta variación en el diseño del remolque produce la adquisición de las mejoras significativas explicadas en el apartado 6.3.

7 Valoración Económica

En este apartado se realizará un breve resumen del presupuesto, documento II. Tal como se puede observar en el documento anteriormente mencionado, se han realizado dos presupuestos: el presupuesto de la redacción del proyecto y el presupuesto de la producción de un solo remolque.

TOTAL: REDACCIÓN DEL PROYECTO	4720 €
TOTAL: PRODUCCIÓN DE UN SOLO REMOLQUE	3.532,36 €

Figura 114. Tabla del importe total de ambos presupuestos mencionados.

Así como se puede ver en la figura anterior, el importe total de la redacción del proyecto asciende a la expresada cantidad de CUATRO MIL SETECIENTOS VEINTE EUROS, mientras que el importe total de la producción de un solo remolque asciende a la cantidad de asciende a la expresada cantidad de TRES MIL QUINIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Sin embargo este precio solo se podría tener en cuenta en el caso de que se desarrollará el proyecto y/o la producción de un solo remolque para uso propio. Si este se quisiera desenvolver como parte de una producción se le debería añadir gastos ajenos a la construcción.

Como comentario, también mencionar tanto el presupuesto de la redacción como el presupuesto de la producción de un solo remolque se basan en el total aprovechamiento de los materiales.

8 Conclusiones finales

En este apartado se hablará de las conclusiones finales del Trabajo de Final de Grado, haciendo referencia a diferentes apartados anteriormente hablados. Estos apartados seguirán el mismo orden de apariencia visto en el trabajo.

El objeto de estudiar y diseñar un remolque ligero para la automoción es cumplido desde un principio. Para ello, el diseño del remolque ha obedecido las diferentes normativas obligatorias. Sin embargo algunas de estas imposiciones han causado evoluciones y variaciones del diseño.

Después de varias variaciones del diseño del remolque, se consigue que el total del remolque e incluido el peso de una motocicleta ejemplo alcance la cifra de 549.25 kg. Ofreciendo un margen de 200.75 kg, para que el usuario pueda transportar todas las herramientas y accesorios que requiera.

Estas evoluciones no han afectado ni a la utilidad del remolque, ni a la seguridad del remolque. En referencia a la utilidad, la incorporación de un toldo retráctil, la reorganización del interior del remolque y la selección adecuada de mobiliario, incrementa la zona útil y proviene al usuario de la utilidad necesaria establecida.

Por otro lado, el remolque se ha visto sometido a diferentes simulaciones para garantizar la seguridad; las cuales son fuerzas simuladas, frenada máxima y circular a través de un resalto. Aunque todas obtengan resultados positivos, surgen puntos donde el remolque podría ser mejorado en un futuro. Estos puntos son la zona posterior y anterior del remolque, que aunque nunca superen el límite elástico del material, sufren un desplazamiento a mejorar.

Mientras que algunas variaciones se producían a raíz de la normativa obligatoria, otras surgían en busca de mejoras. La aerodinámica ha sido la gran beneficiada de las variaciones del diseño. Tal y como se ve en el apartado 6.6.1., la mejora aerodinámica acelera el viento unos 30 km/h mientras que con el diseño original el viento sufre desaceleración. Esta mejora significa obtener todas las ventajas que proporciona una mejor aerodinámica, tales como mejor consumo, mejor estabilidad, menor esfuerzo del motor, etc.

9 Futuras líneas

En este apartado se hablará de las posibles líneas de trabajo que en las que el estudio y diseño de un remolque ligero para automoción podría enfocarse.

Diseño

En cuanto al diseño del remolque, después de la realización de prototipos se podrían observar los fallos del diseño actual. Para así encontrar las soluciones a estos problemas que actualmente, sin la construcción de un prototipo no se pueden encontrar.

Sin embargo, para mejorar el peso total del remolque, se podrían realizar una serie de diferentes ajustes para obtener un menor peso y por lo tanto tener más margen aún. Estos cambios ya pueden ser de simple testeo con diferentes materiales que cumplan las mismas especificaciones actuales o, el rediseño de algunos componentes.

Aerodinámica

Aunque las simulaciones de aerodinámica sean muy positivas, este tema también puede ser mejorado. Sin embargo esta no debería ser una prioridad de mejora, ya que a raíz de la evolución del diseño, la aerodinámica del remolque ya es altamente mejorada.

Presupuesto

Mientras que el presupuesto de la redacción del proyecto no tenga margen de mejora, el presupuesto de remolque sí. Este aspecto puede ser mejorado a la vez que en la mejora de peso, ya que al seleccionar nuevo material este puede ser más liviano y más barato.

Posibles futuras líneas

A partir de la fabricación de prototipos, se pueden realizar diferentes tipos de ensayos en los que podrían salir errores a corregir. Uno de los ensayos que se debería realizar sobre un prototipo sería un ensayo de fatiga.

10 Bibliografía

Remolques Cuni. © 2019 [consulta: 12 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.remolquescuni.com/>

Remolques MB3. © 2019 [consulta: 12 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.remolquesmb3.com/>

IBERICA DE REMOLQUES. © 2019 [consulta: 12 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.ibericaderemolques.com/remolques/>

AL-KO. © 2019 [consulta: 13 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.alko-tech.com/es>

Boletín Oficial del Estado. Agencia Estatal. © 2019 [consulta: 19 de marzo de 2019]. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1999-1826>

INCAFE2000. Projectes i Disseny Incafe, SLU © 2019 [consulta: 1 de abril de 2019]. Disponible en <https://www.incafe2000.com/Esp/p/Tubo-rectangular-60x40x2-mm>

Llantas Caravana © 2019 [consulta: 7 de abril de 2019]. Disponible en <http://www.llantascaravana.es/>

Caravanas Juan © 2019 [consulta: 7 de abril de 2019]. Disponible en <http://www.caravanasjuan.com/V/3/ACCESORIOS/Electricidad-y-Energia/179.aspx>

Lumetal Plastic, SLU © 2014 [consulta: 8 de abril de 2019]. Disponible en <https://www.lumetalplastic.com/productos-metales/chapas-aluminio/>

MW Materials World © 2019 [consulta: 8 de abril de 2019]. Disponible en <https://www.mwmaterialsworld.com/es/>

Leroy Merlin España SLU © 2016 [consulta: 8 de abril de 2019]. Disponible en <http://www.leroymerlin.es/>

GEPLAS METAL SA © 2013 [consulta: 8 de abril de 2019]. Disponible en <http://www.adrgeplasmetal.com/>

SERGIO GOMEZ GONZALEZ. *SolidWorks: Office Professional*. Barcelona: Marcombo, 2008.

Remolques Lafuente © 2018 [consulta: 25 de abril de 2019]. Disponible en <https://remolqueslafuente.com/>

Homologar © 2019 [consulta: 26 de abril de 2019]. Disponible en http://www.homologar.com/spa/item/tarifas_homologar.html